



# **Produção de sucedâneos de Cereais de Pequeno-almoço ricos em compostos bioactivos**

**Margarida Cruz Fonseca**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Alimentar**

Orientador: Doutora Sara Maria Martins Beirão da Costa Teixeira de Barros

Co – Orientador: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins

## **Júri:**

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutora Maria Luísa D. Martins Beirão da Costa, Professora Catedrática Aposentada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutora Sara Maria Martins Beirão da Costa Teixeira de Barros, Professora Auxiliar convidada do Instituto Superior de Agronomia

Doutor Vítor Manuel Delgado Alves, Investigador Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

**Lisboa, 2012**

## AGRADECIMENTOS

À realização do presente trabalho só foi possível com o apoio e a colaboração de diversas pessoas e instituições, que contribuíram para o seu desenvolvimento.

À Doutora Eng.<sup>a</sup>. Sara Beirão da Costa, minha orientadora científica, pela sua inteira disponibilidade e empenho pessoal na realização deste projecto, não só durante os ensaios experimentais mas também na análise dos resultados, pelo seu incentivo, enorme compreensão e conhecimentos transmitidos.

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Eng.<sup>a</sup> Margarida Moldão Martins, minha co-orientadora, pelo desafio proposto e pelo inestimável apoio recebido durante a execução deste trabalho.

À Doutora Eng.<sup>a</sup>. Maria Luísa Beirão da Costa pelo auxílio e esclarecimentos indispensáveis na análise de resultados.

À Eng.<sup>a</sup>. Cláudia Duarte pelo apoio durante os ensaios experimentais deste trabalho.

A todo o pessoal de laboratório que me auxiliou durante a realização da componente prática deste trabalho, nomeadamente a D<sup>a</sup> Maria Júlia, D<sup>a</sup> Graziela e D<sup>a</sup>. Marília. À Rosário pelo apoio e pela boa disposição.

A todos os meus amigos, em especial à Joana Sales, pela sua amizade e companheirismo demonstrados ao longo de todos estes anos.

A todos aqueles que não tendo sido referidos mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus pais e ao meu namorado, a eles em especial, o meu agradecimento. O seu amor incondicional e apoio durante todas as fases da minha vida, boas e más, foram indispensáveis. A eles dedico este trabalho.

## PENSAMENTO

*“O caminho faz-se caminhando mas, acontece termos de voltar atrás e... procurar novo caminho.”*

Francelina Costa

## RESUMO

O principal objectivo do presente trabalho foi produzir sucedâneos de cereais de pequeno-almoço, a partir de subprodutos/materiais subvalorizados (repiso de tomate e farinha de castanha), ticos em compostos bioactivos, por extrusão-cozedura. Numa primeira fase realizou-se uma caracterização físico-química das matérias-primas a utilizar a fim de se verificar a presença de compostos bioactivos e definir as condições de processamento. Na segunda fase, procedeu-se à produção e caracterização dos sucedâneos. Os parâmetros do processo estudados foram composição da mistura, temperaturas, e velocidade de parafuso de extrusão do processo de extrusão. Para tal estabeleceu-se uma matriz de delineamento experimental com os seguintes limites de variação: temperatura  $T_2 = T_3$  110-150°C; composição da amostra 10-50% de repiso de tomate, sendo o restante farinha de castanha e velocidade de parafuso 100-204 r.p.m. Os produtos obtidos foram avaliados para: cor, textura, capacidade de absorção, microestrutura e actividade antioxidante.

Os resultados indicaram que as características dos extrudidos dependem da temperatura de processamento e da composição da mistura. Assim, os extrudidos com maior quantidade de repiso foram os que absorveram maior quantidade de leite, apresentando uma baixa dureza e menor taxa de expansão. A actividade antioxidante dos produtos obtidos foi maximizada para concentrações intermédias (40/50%) de repiso de tomate e de temperatura de processamento (120° a 140°C).

Pode assim concluir-se que é possível obter produtos extrudidos, alternativos aos cereais de pequeno-almoço, a partir de repiso de tomate e farinha de castanha com actividade antioxidante.

**Palavras-chave:** Sucédâneos de cereais de pequeno-almoço, Extrusão-cozedura, Repiso de tomate, Farinha de castanha, Compostos bioactivos



## ABSTRACT

The main goal of this paper was to produce breakfast cereal substitutes from undervalued materials (dwells on tomato and chestnut flour), full of extrusion-cooking bioactive compounds. In the first phase, there was a physicochemical characterization of raw materials to use, in order to verify the presence of bioactive compounds and to define the processing conditions. In the second phase, it was the production and characterization of the substitutes. The parameters of the process that were studied were mixture composition, temperature and extrusion spin speed of extrusion process. So, it was established an array of experimental design with the following limits of variation: temperature  $T_2$   $T_3$  = 110-150°C, 10-50% of the sample composition of dwells on tomato, with the remainder of chestnut flour, and spin speed of 100-204 rpm. The products obtained were evaluated for color, texture absorption capacity, microstructure and antioxidant activity.

The results indicated that the characteristics of extruded depend on the processing temperature and composition of the mixture. Thus, the extruded with highest quantity of dwells were those who absorbed more milk, with low hardness and a lower rate of expansion. The antioxidant activity of the products obtained was maximized for intermediate concentrations (40/50%) of dwells on tomato and processing temperature (120 ° to 140 ° C).

It can be concluded that it is possible to obtain extruded products, alternative to breakfast cereals from dwells on tomato and chestnut flour with antioxidant activity.

**Keywords:** Substitutes for breakfast cereals, Extrusion-cooking, Dwells on tomato, chestnut flour, Bioactive Compounds.

## EXTENDED - ABSTRACT

Functional food is becoming more and more popular amongst consumers. Due to the consequences of careless diets and increasing sedentary lifestyles which are now evident on extremely serious public health problems, namely obesity, diabetes amongst other diseases, consumers have become more and more aware of the huge range of benefits provided by this type of food. This way, fresh fruit and vegetables may represent the easiest items of functional food. In response to this situation, a new product has been created: breakfast cereal substitutes, since these are considered a practical, healthy and nutritious meal, containing the essential nutrients such as fibre, vitamins and minerals being simultaneously a source of calcium, and a complex mixture of carbohydrates, and also because Portugal has one of the highest rates of breakfast cereal eating per capita.

The production of breakfast cereal based on dwells on tomato and chestnut flour through the process of extrusion-cooking is included in an increasing appreciation of tomato and chestnut sub-products by the agro-food industry which produces tons of these goods every year. These sub-products represent high costs and huge environmental risk, therefore their appreciation is becoming more and more important. The appreciation of these sub-products is leading to a bigger use, to a decreasing on environmental pollution and to the creation of wealth.

Taking into account that dwells on tomato constitute a good source of bioactive compounds, such as carotenoids – lycopene which is an powerful antioxidant, fibre, proteins, fatty acids, essential oils and vitamins; and that chestnuts hold high contents of starch, polyphenols, the use of both items in the production of cereal substitutes has become particularly important, as its fusion may result in a product containing high bioactivity and low fat contents.

Therefore, the main objective of this work has been to create breakfast cereal substitutes based on dwells on tomato, chestnut flour for further use. Primarily, we have made a physic-chemistry characterisation of the raw material to be used, in order to check the presence of bioactive compounds and to define the conditions of extrusion-cooking. During the second phase we have proceeded to the production of the actual substitutes. The established independent variables were temperature, sample composition, and screw speed. For that purpose, an experimental lining matrix of the following variation limits was established: temperature  $T_2 = T_3$  110-150°C;

sample composition 10-50% of dwells on tomato, being the balance chestnut flour and screw speed 100-204 r.p.m.

For this work the statistically analysed dependent variables were: texture of the dehydrated extruded items after submersion in milk, colour, absorption ability, thickness, microstructure and the antioxidant activity of the extruded items.

From the analysed variables, results have shown that all the extruded items are mainly affected by process temperature and mixture composition. The extrusion-cooking has a significant influence on the molecular structure of cereal, being thus able to affect the milk absorption and the availability of the antioxidants. The extruded items containing higher quantity of chestnut flour have shown higher hardness levels (maximum hardness – 10N), even after submersion in milk they have remained hard when compared to the other extruded items (maximum hardness after submersion – 2,5N). Higher quantity of starch in the product composition leads to lower milk absorption and lower expansion rate. The opposite was verified on the extruded items with higher quantity of dwells on tomato.

## ÍNDICE

|   | <b>p.</b> |
|---|-----------|
| <b>0. INTRODUÇÃO</b>  | <b>13</b> |
| <b>1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b>   | <b>15</b> |
| 1.1. Tomate   | 19        |
| 1.1.1. Licopeno   | 21        |
| 1.1.2. Fibra  | 22        |
| 1.2. Castanha   | 23        |
| 1.2.1. Amido  | 26        |
| 1.3. Valorização de subprodutos   | 27        |
| <b>2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL</b>                                  | <b>28</b> |
| 2.1. Materiais  | 28        |
| 2.1.1. Matérias-primas  | 28        |
| 2.1.2. Reagentes  | 29        |
| 2.2. Produção de sucedâneos de cereais de pequeno-almoço                | 29        |
| 2.3. Delineamento experimental do processo de extrusão-cozedura         | 31        |
| 2.4. Métodos analíticos   | 32        |
| <b>3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS</b>                         | <b>35</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>  | <b>36</b> |
| 4.1. Caracterização da farinha de castanha                              | 36        |
| 4.2. Caracterização dos sucedâneos de cereais e pequeno-almoço          | 36        |
| 4.3. Cor  | 42        |
| 4.4. Avaliação da microestrutura dos extrudidos (SEM)                   | 45        |
| 4.5. Textura dos extrudidos   | 57        |
| 4.6. Textura dos extrudidos após imersão em leite                       | 58        |
| 4.7. Capacidade de hidratação dos extrudidos                            | 61        |
| 4.8. Espessura dos extrudidos   | 64        |
| 4.9. Actividade antioxidante  | 65        |
| <b>5. CONCLUSÕES</b>  | <b>67</b> |
| <b>6. BIBLIOGRAFIA</b>  | <b>69</b> |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>74</b> |
| ANEXO I   |           |
| - Questionário para selecção de provadores de cereais de pequeno-almoço | 75        |
| ANEXO II  |           |
| - Curva padrão da Amilose Batata.                                       | 79        |

-

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| ANEXO III | Curva padrão do Ácido Galhico.  | 81 |
| ANEXO IV  | Dados relativos à actividade antioxidante para as matérias-primas e respectiva curva de calibração.                     | 83 |
| ANEXO V   | Dados relativos à actividade antioxidante para todos os pontos da matriz experimental e respectiva curva de calibração. | 85 |
| ANEXO VI  | Percentagem de peso obtido em cada uma das amostras nos diferentes tempos e respectivo gráfico de barras.               | 87 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|  | p. |
|--|----|
| <b>Quadro 1 -</b> Composição nutricional do tomate.  | 21 |
| <b>Quadro 2 -</b> Teores de fibra alimentar presentes no tomate.   | 23 |
| <b>Quadro 3 -</b> Composição nutricional da castanha.  | 25 |
| <b>Quadro 4 -</b> Composição glucídica da castanha.  | 25 |
| <b>Quadro 5 -</b> Composição em carotenóides do repiso de tomate.  | 28 |
| <b>Quadro 6 -</b> Reagentes utilizados ao longo do trabalho e respectivos fornecedores.                              | 29 |
| <b>Quadro 7 -</b> Limites para as variáveis independentes.   | 31 |
| <b>Quadro 8 -</b> Valores estabelecidos para as variáveis constantes.  | 31 |
| <b>Quadro 9 -</b> Matriz factorial composta codificada e decodificada.   | 32 |
| <b>Quadro 10 -</b> Caracterização físico-química da farinha de castanha.   | 36 |
| <b>Quadro 11 -</b> Teores de humidade dos extrudidos antes e depois da secagem e respectivo aW.                      | 36 |
| <b>Quadro 12 -</b> Produtos obtidos após secagem em estufa.  | 37 |
| <b>Quadro 13 -</b> Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para misturas com 18R / 82C.            | 48 |
| <b>Quadro 14 -</b> Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para misturas com 42R / 58C.            | 50 |
| <b>Quadro 15 -</b> Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para o ponto mínimo e máximo da matriz. | 52 |
| <b>Quadro 16 -</b> Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para misturas com 30R / 70C.            | 53 |
| <b>Quadro 17 -</b> Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para os pontos centrais da matriz       | 55 |
| <b>Quadro 18 -</b> Espessura média, em mm, para todos os pontos da matriz factorial.                                 | 65 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | p. |
|--|----|
| <b>Figura 1 -</b> Consumo europeu, <i>per capita</i> , de cereais.   | 17 |
| <b>Figura 2 -</b> Produção mundial de tomate em 2008.  | 20 |
| <b>Figura 3 -</b> Estrutura do licopeno com fórmula molecular $C_{40}H_{56}$ e massa atómica 536.                      | 21 |
| <b>Figura 4 -</b> Produção mundial de castanha em 2008.  | 24 |
| <b>Figura 5 -</b> Estrutura química do amido.  | 26 |
| <b>Figura 6 -</b> Secções de uma extrusora de parafuso simples.  | 30 |
| <b>Figura 7 -</b> Superfície de resposta da luminosidade (I).  | 43 |
| <b>Figura 8 -</b> Superfície de resposta de cromaticidade (C).   | 44 |
| <b>Figura 9 -</b> Superfície de resposta a tonalidade (h).   | 45 |
| <b>Figura 10 -</b> Superfície de resposta da textura dos extrudidos.   | 57 |
| <b>Figura 11 -</b> Superfície de resposta para a textura dos extrudidos ao fim de 1 minuto no leite.                   | 59 |
| <b>Figura 12 -</b> Superfície de resposta para a textura dos extrudidos ao fim de 3 minutos no leite.                  | 60 |
| <b>Figura 13 -</b> Superfície de resposta para a capacidade de hidratação dos extrudidos ao fim de 1 minuto no leite.  | 62 |
| <b>Figura 14 -</b> Superfície de resposta para a capacidade de hidratação dos extrudidos ao fim de 3 minutos no leite. | 63 |
| <b>Figura 15 -</b> Superfície de resposta para a capacidade de hidratação dos extrudidos ao fim de 5 minutos no leite. | 64 |
| <b>Figura 16 -</b> Superfície de resposta para a actividade antioxidante dos extrudidos.                               | 66 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

p. – página

FIT – Fomento da Indústria do Tomate

Eq. – Equação

R – Repiso de tomate

C - Castanha

T – Temperatura

V.P. – Velocidade de Parafuso

r.p.m. – rotações por minuto



## **D. INTRODUÇÃO**

Os alimentos funcionais – alimentos que além das funções nutricionais básicas, produzem efeitos metabólicos, fisiológicos e/ou benéficos à saúde, ajudando na prevenção e redução de diversas doenças - já começam a obter um nível de popularidade significativo junto dos consumidores. Perante as consequências de uma alimentação pouco cuidada e de um estilo de vida sedentário que agora se manifesta sob a forma de graves problemas de saúde pública, nomeadamente, a obesidade, a diabetes, entre outras doenças, os consumidores estão cada vez mais sensibilizados para os benefícios que estes produtos proporcionam.

Segundo Rodgers (2004) o mercado dos alimentos funcionais representa uma mais-valia para a agricultura e para o sector alimentar. Além disso, beneficia a economia de um país através da melhoria da saúde e do bem-estar da população e a consequente redução das despesas de saúde.

Um desafio chave no desenvolvimento dos alimentos funcionais é garantir ao consumidor final a segurança dos alimentos funcionais e a veracidade dos efeitos que proclamam na saúde, desenvolvimento e crescimento (Westrate, 2002 citado por Oliveira, 2008, p. 28).

Segundo Souza e Menezes (2006) os cereais de pequeno-almoço são produtos extrudidos, tradicionalmente consumidos com leite nos quais o principal componente é o amido. A textura é uma característica destes produtos, associada à sua qualidade, em que a sua perda é uma das causas de rejeição por parte do consumidor. Esses produtos já alcançam algumas décadas de existência no mercado e o seu consumo vem ao encontro das novas tendências alimentares, assumindo o lugar de produtos energéticos, nutritivos, práticos e saudáveis.

A extrusão é um processo versátil, com baixo custo de manutenção e sem efluentes. A qualidade dos produtos obtidos por esta tecnologia tem levado a um crescente aumento de sua utilização.

A indústria de tomate produz anualmente toneladas de subprodutos – repiso de tomate (constituído principalmente por películas e sementes) com elevado valor nutricional. Por outro lado a indústria da castanha, que em Portugal ainda está muito subvalorizada, produzindo elevados montantes de produtos com características não comercializáveis. Os subprodutos destas indústrias acarretam custos e riscos para o meio ambiente, pois o alto teor de água presente nestes resíduos e a sazonalidade das suas produções, dificulta a reciclagem dos mesmos. Contudo, podem ser

utilizados diferentes tratamentos tecnológicos de forma a melhorar a sua conservação, nos quais o custo não pode ser excessivo.

O repiso de tomate é uma boa fonte de compostos bioactivos, nomeadamente os carotenóides (licopeno), com propriedades antioxidantes, de fibra, de proteína, de ácidos gordos, óleos essenciais e vitaminas. A castanha é um produto com elevados teores de amido, onde a capacidade antioxidante está associada à presença de polifenóis. Assim, faz sentido utilizar estes subprodutos na indústria alimentar visto que a combinação de ambos pode resultar num produto de elevada bioactividade e com baixo teor de gordura.

Por estes motivos e devido ao aumento da industrialização da castanha e tomate com conseqüente produção de subprodutos, surgiu o presente estudo, com o qual se pretende avaliar a possibilidade da respectiva utilização na produção de sucedâneos de pequeno-almoço por extrusão-cozedura.

Assim, este trabalho direcciona-se para três vertentes: uma orientada para o enquadramento teórico, sendo este o substrato da compreensão da problemática em estudo, outra que aborda o delineamento experimental e respectivo processo de extrusão-cozedura, e finalmente uma outra que engloba a análise e discussão dos resultados obtidos.

Face ao exposto anteriormente, constituiu objectivo geral do presente trabalho desenvolver um sucedâneo de cereal de pequeno-almoço reaproveitando dois subprodutos da indústria agro-alimentar portuguesa, o repiso de tomate e a castanha de características não comercializáveis, como uma nova fonte de polissacáridos complexos, fibra e antioxidantes.

## 1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### - Alimentos funcionais

As tendências mundiais da alimentação nos últimos anos indicam um interesse acentuado dos consumidores em determinados alimentos, que além do seu valor nutritivo trazem benefícios às funções fisiológicas do organismo humano. Estas variações dos padrões de alimentação levaram à criação de uma nova área de investigação para as indústrias agro-alimentares: os alimentos funcionais. Este fenómeno está inserido numa mudança profunda de hábitos e costumes. O consumidor tomou-se mais consciente e procura, hoje uma vida mais saudável.

O conceito de alimento funcional baseia-se, genericamente, na modificação ou alteração dos alimentos com o objectivo de promover a saúde dos consumidores, nomeadamente o bem-estar e a redução de risco de doença, ao fazer parte de uma dieta saudável. O componente de um alimento funcional tanto pode ser um macro como um micro nutriente, desde que a sua quantidade seja superior à dose diária recomendada.

A fruta e os vegetais podem representar a forma mais simples de alimentos funcionais. Por exemplo, o tomate, os brócolos, as cenouras, a castanha, podem ser considerados alimentos funcionais, porque são ricos em componentes alimentares fisiologicamente activos, tais como, *licopeno*, *sulforaphane*, *betacaroteno* e *fenóis*, respectivamente (Oliveira, 2008).

### - Desenvolvimento de novos produtos

O desenvolvimento de novos produtos é um processo que envolve desde a geração da ideia, (tomando por ponto de partida “as necessidades e desejos dos clientes”), passando à selecção dentre as apresentadas, procurando um conceito para o novo produto que estimule os consumidores potenciais a comprá-lo, seleccionando estratégia compatível e analisando o projecto em função de metas de lucro da organização (Kotler, 2000 citado por Ferraz e Pizzinatto, 2006, p. 41).

Movimentos de aumento da concorrência, rápidas mudanças tecnológicas, diminuição do ciclo de vida dos produtos e maior exigência por parte dos consumidores são elementos da pressão competitiva global que tem forçado as organizações a encontrar novos caminhos para melhor atender às necessidades dos consumidores (Ferraz e Pizzinatto, 2006).

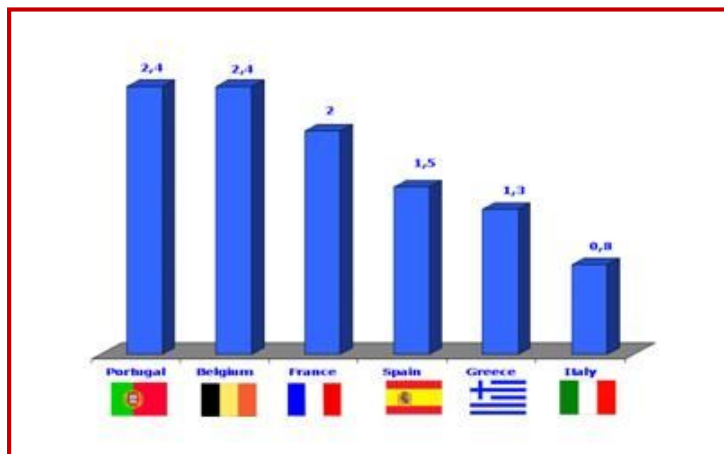
O lançamento de novos produtos é um processo que a teoria preconiza deva iniciar-se com a pesquisa das expectativas do mercado. Por analogia, e previamente à realização do presente trabalho, foi preocupação nossa conhecer a realidade do mercado dos cereais de pequeno-almoço, relativamente ao tipo de consumidores, ao tipo de cereais consumidos e modo de consumo, entre outros aspectos, através de um questionário aplicado a 36 pessoas (ver anexo I).

Através do questionário foi possível verificar que 53% dos inquiridos consome cereais de pequeno-almoço duas ou mais vezes por semana, os cereais ricos em fibra são os mais consumidos pelos inquiridos, 58% considera o preço uma das características mais importantes no momento da compra. Relativamente aos atributos mais importantes, cerca de 89% dos inquiridos considera o sabor o atributo mais importante, seguido da textura com 56% e o aspecto/aparência.

### **- Cereais de pequeno-almoço**

Os cereais de pequeno-almoço constituem uma refeição prática, nutritiva e saudável, pois fornecem nutrientes essenciais como fibra alimentar, vitaminas e sais minerais. Por outro lado, estes cereais asseguram uma ingestão de cálcio adequada, incentivando o consumo de leite/iogurte, que pode ainda ser complementado com a adição de fruta. A sua ingestão diária fornece ainda uma mistura complexa de glúcidos simples e complexos (amido) que, no seu conjunto, fornecem a energia necessária para começar o dia de forma saudável.

Segundo os dados do estudo Consumidor da Marktest (2006), 3,8 milhões de portugueses consomem cereais de pequeno-almoço de manhã ou ao lanche, o que representa 46,3% do universo constituído pelos residentes no Continente com 15 e mais anos. Portugal tem um dos mais altos consumos *per capita* da Europa de cereais, como se pode verificar pela figura 1.



**Figura 1** – Consumo europeu, *per capita*, de cereais.

**Fonte** - <http://www.nestle.pt/CmsPage.aspx?PageIndex=203>

Segundo o Conselho Europeu de Informação Alimentar (2002), aperitivos, cereais de pequeno-almoço, produtos de confeitaria e alguns alimentos para animais têm sido produzidos através de um método de processamento alimentar denominado de extrusão. Basicamente, este processo, envolve uma compressão das matérias-primas, até se obter uma massa semi-sólida, que depois passa por uma pequena abertura para aumentar a variedade de texturas, formas e cores obtidas do ingrediente alimentar original. Esta técnica tem dado lugar a produtos com formas e texturas desconhecidas até hoje. A extrusão pode formar e, por vezes, cozer ingredientes crus, convertendo-os em produtos acabados.

A extrusão-cozedura pode ser definida como a acção pela qual se dá forma a um produto forçando a sua passagem através de um orifício; essa passagem forçada do material pode ser feita de dois modos diferentes: por acção de um êmbolo ou então por um processo contínuo onde o produto é conduzido por um parafuso em hélice ao longo do espaço confinado entre o parafuso e uma manga, sendo obrigado a sair por um orifício à acção de uma forte pressão. O material é geralmente sólido à temperatura ambiente sofrendo durante a extrusão um amolecimento ou mesmo a fusão, o que facilita o seu escoamento. O produto é moldado pelo orifício de saída formando a sua forma após o arrefecimento.

Segundo Harper (1981) (citado em Choupina, 1993, p. 14), uma extrusora é uma máquina que dá forma aos materiais pelo processo de extrusão. A extrusora mais comum é constituída por um parafuso helicoidal que gira dentro de uma manga ou cabeça. As extrusoras podem desempenhar várias tarefas na indústria alimentar, dependendo do seu design. Podem ser usadas para misturar, amassar, separar,

gelatinizar, texturizar, dissolver, cozer, fundir, tostar, caramelizar, esterilizar, secar, promover reacções e moldar. Muitos destes processos podem ser combinados, escolhendo os parâmetros de extrusão adequados à obtenção do produto final e/ou intermédio pretendido.

No processo de extrusão, frequentemente é aplicado ou gerado calor, o que leva à formação contínua de materiais plásticos, denominando-se este processo por extrusão-cozedura.

Ainda segundo o mesmo autor, a extrusão-cozedura é o processo que combina o fornecimento de calor aos alimentos com o acto de extrudir, de modo a cozer e a formar um determinado produto alimentar. É um processo através do qual materiais com um certo teor de humidade, amiláceos e/ou proteaginosos, são cozidos e processados de forma a constituírem uma massa plástica viscosa. A cozedura é obtida através da aplicação directa de calor (injecção de vapor) ou indirecta por meio de camisas que envolvem a manga e pela dissipação de energia mecânica gerada pelas tensões tangenciais que se verificam dentro da massa. Esta aplicação de calor tem várias consequências: a gelatinização do amido, a desnaturação das proteínas, a inactivação enzimática, a destruição de toxinas e factores anti-nutricionais.

As temperaturas atingidas no processo de extrusão-cozedura podem ser muito elevadas. No entanto, o tempo de residência do material a estas temperaturas é muito reduzido (normalmente 10-60 segundos). Assim pode-se considerar a extrusão-cozedura como um processo que pretende maximizar os efeitos benéficos do aquecimento e minimizar eventuais efeitos prejudiciais (acastanhamento, sabores estranhos...).

A rápida aceitação do processo de extrusão como uma tecnologia importante para a produção de uma grande variedade de produtos, nomeadamente na indústria alimentar é devida às suas numerosas vantagens: é um processo contínuo, tem elevada eficiência energética e baixos custos, permite processar materiais viscosos relativamente secos, melhora as características texturais e o *flavour* dos alimentos, permite controlar as alterações de origem térmica que possam ocorrer nos constituintes dos alimentos, possibilita o uso de ingredientes não convencionais, não produz efluentes, entre outros (adaptado de Choupina, 1993).

A extrusão-cozedura é comumente usada na indústria agro-alimentar na produção de aperitivos tipo “*snack*”, cereais de pequeno-almoço e “*dry pet foods*” (alimentos secos para animais). A popularidade destes produtos resulta, em parte, da sua textura crocante, a qual deriva da estrutura tipo “favo de mel” adquirida pelo material durante a extrusão (adaptado de Choupina, 1993).

## **- A indústria agro-alimentar**

A indústria alimentar continua a ocupar um espaço importante na economia portuguesa. A sua importância decorre não apenas do seu peso económico, mas também da sensibilidade do "produto", uma vez que produz o que diariamente ingerimos. Esta característica torna-nos, a todos nós consumidores, especialmente sensíveis à segurança do alimento, pelo que o problema da segurança alimentar e da confiança do consumidor é actualmente uma das maiores preocupações da indústria. Actualmente a indústria agro-alimentar representa 25% do total da indústria portuguesa. Após a adesão de Portugal à União Europeia, a construção do mercado único em 93 obriga o sector a um esforço de harmonização de todas as regras de manuseamento, de fabrico e de apresentação, nomeadamente nas regras de rotulagem, de higiene e de aditivos.

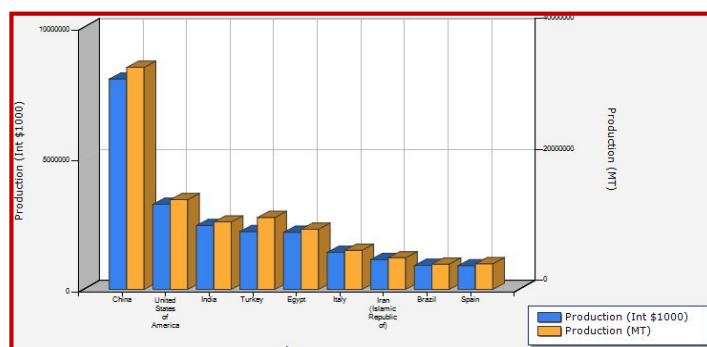
A articulação entre a indústria e a produção e entre a indústria e as Universidades, tem impulsionado o desenvolvimento duma indústria mais competitiva e que cada vez mais exporta, deixando há algum tempo este sector de só estar ligado a Portugal. A indústria agro-alimentar em Portugal está dentro dos sectores mais desenvolvidos.

Neste contexto, faremos uma breve contextualização dos produtos utilizados no presente estudo (tomate e castanha).

### **1.1. Tomate**

O tomate é o fruto da planta *Lycopersicon Lycopersicum* ou *Lycopersicon esculentum*, membro da família das *Solanáceas*. Originário da América Central e do Sul, foi introduzido na Europa no século XVI pelos Espanhóis. A partir do século XIX o tomate é amplamente consumido na Europa sendo actualmente um dos frutos mais consumidos no mundo ocidental e uma das culturas hortícolas mais cultivadas no mundo (Costa 2009).

Cerca de metade da produção mundial de tomate (fresco e para a indústria) é produzida no Continente Asiático, sendo a China, com um peso de 26%, o maior produtor do mundo. O Continente Americano é responsável por 20% da produção mundial, destacando-se os Estados Unidos da América, com 10%. A Europa produziu em 2008, cerca de 16% da produção de tomate, destacando-se a Itália, com um peso de 5% na produção mundial, como é possível verificar na figura 2 (adaptado de Domingos, 2009).



**Figura 2** – Produção mundial de tomate em 2008.

**Fonte** - <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

Nos últimos anos tem-se registado uma expansão da cultura do tomate como consequência do crescimento do seu consumo (adaptado de Domingos, 2009) e Portugal não é excepção, constituindo uma das principais culturas produzidas.

O tomate é, como a grande maioria dos frutos, bastante rico em água (cerca de 93,5g/100g), o que o torna hipocalórico, ou seja, pobre em gordura e hidratos de carbono (ver quadro 1), é uma fonte excelente de vitamina C, vitamina E, potássio, xantofilas (criptoxantina) e carotenos (500 µg/100g), flavonóides (antocianinas), ácidos fenólicos (ácidos cafeico e gálico, respectivamente cerca de 20 e 200 mg/100 g) e de ácidos orgânicos (1 a 3 g/100g), principalmente ácido cítrico (adaptado de Costa, 2009).

Tem ainda, quantidades assinaláveis de fibra que ajudam na manutenção do intestino, visto que carregam consigo muitos excessos e resíduos alimentares que, se absorvidos pelo intestino, poderiam ser indesejáveis ao organismo. Assim, as fibras presentes no tomate reduzem o aumento do colesterol no intestino e no sangue, controlam a assimilação de glicose e gorduras no organismo, proporcionam uma sensação de saciedade ajudando assim no controle da obesidade (adaptado de <http://www.nutricaoemfoco.com/2008/10/09/tomate/>). No quadro 1 é possível observar a composição do tomate por 100g de produto edível.



**Quadro 1** – Composição nutricional do tomate.

**Fonte** - <http://www.nutricaoemfoco.com/2008/10/09/tomate/>.

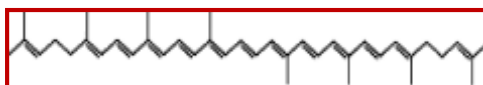
| Composição do tomate (g/100g de produto edível) |              |
|---|--------------|
| Valor energético                                | 15 a 23 kcal |
| Proteína  | 1g           |
| Hidratos de Carbono                             | 2,9g         |
| Fibra alimentar                                 | 1g           |
| Lípidos   | 1g           |
| Colesterol                                      | 0g           |
| Vimamina C                                      | 20mg         |
| Vitamina E                                      | 1mg          |
| Potássio  | 200mg        |

A composição do tomate pode variar ao longo do processo de maturação. Por exemplo, durante a maturação a concentração de carotenóides aumenta e a concentração de vitamina C diminui (Costa, 2009).

Dos carotenóides existentes no tomate, salienta-se o licopeno que é responsável pela cor vermelha, em maior percentagem na polpa do que na pele, e de que o tomate é a maior fonte alimentar conhecida até hoje (Schi & Le Mauer, 2000; Heber & Lu, 2002; Gerber, 2002; Diwadkar-Navsariwala, *et al.*, 2003; Xianquan *et al.*, 2005; Reboul *et al.*, 2005, citado por Costa, 2009, p.38). No tomate, o licopeno constitui 80% a 90% do total dos carotenóides, enquanto que o  $\beta$ -caroteno só existe em cerca de 2% a 10% (Costa, 2009).

### 1.1.1. Licopeno

O licopeno ( $C_{40}H_{56}$ ) é o antioxidante carotenóide mais poderoso entre os muitos já estudados (Rao *et al.*, 1998, citado por Costa, 2009, p. 28). Segundo Costa (2009) pertence ao subgrupo dos carotenóides não oxigenados sendo caracterizado por uma estrutura acíclica e simétrica contendo onze ligações duplas conjugadas responsáveis pela sua cor vermelha, como é possível observar na figura 3.



**Figura 3** – Estrutura do licopeno com fórmula molecular  $C_{40}H_{56}$  e massa atômica 536.

**Fonte** – Choksi e Joshi (2007).

Devido à sua estrutura química, o licopeno figura como um dos melhores supressores biológicos de radicais livres, especialmente aqueles derivados do oxigénio, sendo duas vezes mais potente que o  $\beta$ -caroteno e 10 vezes mais potente que a vitamina E (Ivanov, *et al.*, 2007 citado por Costa, 2009, p. 28). Estudos indiciam que interage sinergicamente com a vitamina E (Costa, 2009).

É de salientar que o teor de licopeno depende muito do estágio de maturação do tomate, ou seja, quanto maior a maturação, maior o teor de licopeno, variando pouco com a variedade e a zona geográfica de produção (adaptado de Costa, 2009).

Este nutriente é encontrado num número limitado de alimentos e, além disso, o organismo não consegue sintetizá-lo e, desta forma, o licopeno é obtido exclusivamente por meio da dieta alimentar.

Estudos mostram que existem vários factores que podem interferir na biodisponibilidade do licopeno, tais como: absorção intestinal, quantidade de licopeno no alimento, formas de apresentação (isómeros ou sintéticos), matriz alimentar, presença de outros nutrientes na refeição como a gordura, fibra, outros carotenóides, entre outros. O licopeno ingerido na forma natural (forma *trans*) é pouco absorvido, mas estudos demonstram que o processamento térmico melhora a biodisponibilidade por ajudar no rompimento da parede celular e extracção. Desta forma, o isómero *trans* passa para isómeros *cis*, o qual se verifica que é biodisponível visto que é mais solúvel. Verifica-se também que o aumento da gordura na dieta alimentar facilita a absorção e a biodisponibilidade do licopeno (adaptado de Augusti, 2007).

Estudos clínicos e epidemiológicos têm vindo a confirmar que dietas ricas em licopeno estão associadas à descida do PSA (marcador do cancro da próstata) e à redução do risco de desenvolvimento e tratamento do cancro da próstata, boca, esófago, estômago, pâncreas, pulmão, útero e ovário bem como uma menor incidência de doenças degenerativas crónicas e cardiovasculares (adaptado de Costa, 2009).

### **1.1.2. Fibra**

A fibra alimentar é definida como “a parte comestível das plantas ou análogos aos hidratos de carbono que são resistentes à digestão e absorção pelo intestino delgado humano, com fermentação parcial ou total no intestino grosso”, segundo a Association of Official Analytical Chemists (AOAC).

As fibras podem variar de acordo com a sua solubilidade em água em solúveis e insolúveis, a sua estrutura e o seu grau de fermentação. (adaptado de

<http://www.dicasdenutricao.com/2010/10/adicione-fibras-no-cardapio.html>) As fibras solúveis incluem a maior parte das pectinas, gomas, mucilagens e certas hemiceluloses; já as fibras insolúveis incluem as celuloses, algumas pectinas e grande parte das hemiceluloses.

Como já foi referido anteriormente, o tomate é rico em fibras alimentares (1g por 100g de tomate), mas as fibras solúveis e insolúveis não existem em igual proporção, como se pode verificar no quadro 2:

**Quadro 2** – Teores de fibra alimentar presentes no tomate.

**Fonte** - <http://www.dicasdenutricao.com/2010/10/adicione-fibras-no-cardapio.html>.

| Teores de fibra alimentar por 100g de tomate |       |
|--|-------|
| Fibra solúvel                                | 0,33g |
| Fibra insolúvel                              | 0,67g |

Quanto à biodisponibilidade das fibras verifica-se que as fibras solúveis são encontradas principalmente em frutas, hortaliças, leguminosas e alimentos contendo aveia, cevada ou centeio. As principais fontes de fibras insolúveis são as hortaliças e os cereais integrais.

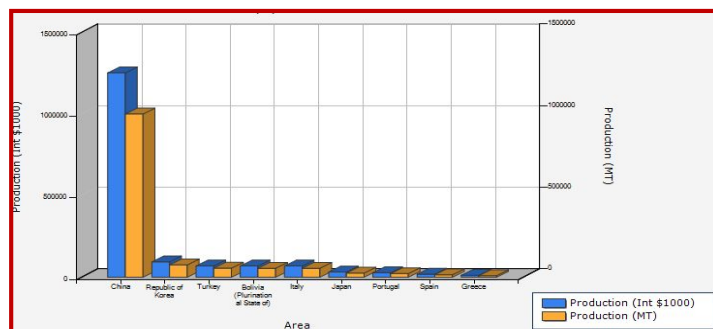
De uma maneira geral, as fibras são importantes na alimentação porque aceleram o trânsito intestinal e regulam o processo digestivo, mantendo o tudo digestivo saudável. Enquanto que as fibras solúveis têm efeitos sobre o tempo de digestão no estômago e no intestino delgado, retardando o tempo de absorção intestinal, reduzem os níveis de colesterol LDL e regulam os níveis de glicose no sangue; as fibras insolúveis exercem um papel na redução da incidência do cancro do cólon, impedindo a metástase (adaptado de <http://www.dicasdenutricao.com/2010/10/adicione-fibras-no-cardapio.html>).

## 1.2. Castanha

A castanha, fruto do Castanheiro (*Castanea sativa*), membro da família das Amiláceas presume-se que seja oriunda de regiões mediterrâneas da Europa e constituiu, ao longo de toda a história da civilização ocidental, uma importante fonte de energia devido ao seu alto teor calórico e pouco a pouco foi introduzida noutros países europeus (adaptado de <http://www.fotosantesedepois.com/2010/06/03/castanha/>).

De acordo com os dados da FAO, a produção mundial de castanha estima-se em 1,1 milhões de toneladas, distribuídas por uma superfície que não atinge os 340 mil

hectares. A China é o maior produtor do mundo, com um volume anual de cerca de 825 mil toneladas, o que representa aproximadamente 73% da produção mundial. A Europa é responsável por 12% da produção mundial, destacando-se a Itália e Portugal com representatividades na produção mundial de 4% e 3%, respectivamente (ver figura 4) (adaptado de GPP, 2007).



**Figura 4** – Produção mundial de castanha em 2008.

**Fonte** - <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

Em Portugal Continental assistiu-se, desde a década de oitenta, a um aumento significativo da área de castanheiros, com uma área ocupada de cerca de 30 500 hectares, dando origem a uma produção de mais de 20 500 toneladas anuais de castanha. É de salientar ainda que cerca de 70 a 80 % da castanha produzida destina-se à exportação e os restantes 20 a 30 % ao mercado interno.

Os valores nutricionais e as qualidades organolépticas da castanha variam de região para região com o clima, com a natureza do solo, com o vigor e idade da árvore, entre outros. Mas o que torna a castanha diferente dos restantes frutos gordos e amiláceos é a sua composição nutricional. Para uma melhor avaliação do valor nutritivo da castanha, apresenta-se no quadro 3 a composição nutricional da castanha.

**Quadro 3** – Composição nutricional da castanha.

**Fonte** – Choupina, 1993.

| <b>Composição da castanha (g/100g de produto edível)</b> |          |
|--|----------|
| Valor energético   | 182 kcal |
| Água   | 48,5g    |
| Proteína   | 3,1g     |
| Lípidos  | 1,1g     |
| Hidratos de Carbono                                      | 39,8g    |
| Amido  | 27,5g    |
| Fibra  | 1,6g     |
| Vitamina C   | 51mg     |
| Fósforo  | 63mg     |
| Cálcio   | 20mg     |
| Potássio   | 525mg    |
| Magnésio   | 47mg     |

Verifica-se assim que a água é o componente que existe em maior quantidade, seguindo-se o amido que, expresso em matéria-seca constitui cerca de 53,4%. Em termos de glúcidos é pois o amido aquele que existe, de longe, em maior proporção na castanha, como se pode ver pelo quadro 4:

**Quadro 4** – Composição glucídica da castanha.

**Fonte** – Choupina, 1993.

| <b>Açúcares Redutores</b> | <b>Sacarose</b> | <b>Pentosanas</b> | <b>Celulose</b> | <b>Amido</b> | <b>Total</b> |
|---------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|
| 0,6                       | 9               | 1,1               | 1,6             | 27,5         | 39,8         |

A castanha tem assim um elevado teor de amido, o que é benéfico como factor preventivo da diabetes. O teor de Vitamina C também é bastante importante pois é semelhante ao dos citrinos, e os teores de minerais como o potássio, fósforo, sódio, cálcio e magnésio.

Em conclusão podemos afirmar que o aspecto mais significativo no valor nutricional da castanha é o seu elevado teor em hidratos de carbono de molécula complexa, como o amido e a existência de um baixo teor de proteínas e gordura, sendo também isenta de colesterol.

### 1.2.1. Amido

O amido é constituído essencialmente por glucose. Contém ainda, em menor quantidade outros constituintes que podem afectar as suas propriedades e são eles, essencialmente, o fósforo e o azoto.

O amido (figura 5) é basicamente um polímero de  $\alpha$ -D.glucose. Quimicamente existem dois tipos distintos de polímeros: a amilose (geralmente linear) e a amilopectina (altamente ramificada), sendo a sua proporção no amido geralmente de 25% e 75%, respectivamente.

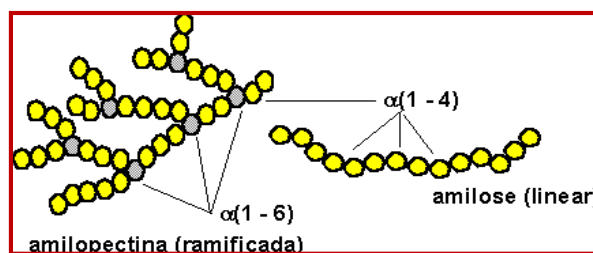


Figura 5 – Estrutura química do amido.

Embora os grãos de amido sejam completamente insolúveis em água fria, quando uma solução de amido é aquecida têm lugar uma série de alterações, designadas no seu conjunto por gelatinização e empastamento. Estas modificações são responsáveis pelas propriedades do amido utilizado nos produtos alimentares das quais se salientam a reactividade, a susceptibilidade ao ataque enzimático e a formação de géis ou pastas. (adaptado de Choupina, 1993)

Relativamente à sua biodisponibilidade, o amido é encontrado na forma de grãos nas sementes, caules e raízes de várias plantas como trigo, mandioca, arroz, batata, milho, feijão entre outras.

O amido assemelha-se às fibras insolúveis e ajudam a regular o trânsito intestinal, aumentam o bolo fecal, reduzem o esvaziamento gástrico, ou seja, aumentam a saciedade e consequentemente previne a obstipação intestinal e doenças a ela associadas.

### **1.3. Valorização dos subprodutos**

Os subprodutos representam cada vez mais um interesse acrescido do ponto de vista ambiental e, principalmente, económico. Esta importância torna-se ainda mais relevante quando um sector tem elevado peso na economia de um país, como é o caso das indústrias agro-alimentares. Segundo Silva (s.d.), o tratamento de subprodutos agrícolas está a merecer cada vez maior atenção, tendo em vista o seu aproveitamento, a despoluição do ambiente, o aumento da produtividade, a criação de riqueza, e sempre que possível, com todos estas finalidades.

Os subprodutos da indústria do tomate caracterizam-se como sendo essencialmente repiso de tomate, que é constituído na sua maioria por películas e sementes que restam da indústria de transformação do tomate; enquanto que para a castanha, os seus subprodutos caracterizam-se como sendo produtos de características não comercializáveis. Apesar de não estarem disponíveis dados quantitativos relativamente aos subprodutos produzidos por estas duas indústrias, sabe-se que a produtividade dos produtos que lhes dão origem tem vindo a aumentar, e, por isso, é essencial dar-lhes uma utilização, de forma a minimizar os impactos ambientais e contribuir para a riqueza do país.

Nos últimos anos verificaram-se importantes progressos: recolha racional, melhoramento das tecnologias, descoberta de novas propriedades funcionais e a identificação de mercados emergentes. A partir de uma matéria-prima, considerada inicialmente como um desperdício, é agora possível utilizá-la para inúmeros fins, nomeadamente a extração de moléculas de grande valor acrescentado com interesse para as áreas da alimentação, como é o caso da produção de alimentos funcionais, nutrição, cosmética e saúde.

## 2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Como referido anteriormente, o presente estudo teve como objectivo a produção de sucedâneos de cereais de pequeno-almoço ricos em compostos bioactivos provenientes da utilização de repiso de tomate e castanha. O desenvolvimento experimental inclui duas etapas consecutivas e complementares:

- Na primeira fase procedeu-se à caracterização físico-química das matérias-primas (repiso de tomate e farinha de castanha), no sentido de poder inferir sobre o interesse de prosseguir para a produção de sucedâneos.
- Na segunda fase, procedeu-se à produção e caracterização de sucedâneos de cereais de pequeno-almoço a partir de subprodutos da indústria agro-alimentar.

### 2.1. Materiais

#### 2.1.1. Matérias-primas

O repiso de tomate utilizado no presente estudo foi fornecido pela FIT (Fomento da Indústria do Tomate) e corresponde à campanha de 2009. O repiso de tomate utilizado foi previamente caracterizado para o teor de carotenóides, como é possível ver no quadro 5:

**Quadro 5** – Composição em carotenóides do repiso de tomate.

|  |        |
|--|--------|
| <b>Humidade (%)</b>                                  | 5,42   |
| <b>Teor de licopeno (mg/100g repiso)</b>             | 50,036 |
| <b><math>\alpha</math>-Caroteno (mg/100g repiso)</b> | 3,595  |
| <b><math>\beta</math>-Caroteno (mg/100g repiso)</b>  | 1,042  |

O repiso de tomate, após liofilização, foi moído num moinho (moinho de facas) utilizando um crivo com 1mm de malha.

Relativamente à castanha utilizada para este estudo, foi castanha congelada adquirida no comércio, que sofreu um processo de secagem por liofilização, de modo a diminuir



o seu teor de humidade para que pudesse ser transformada em farinha e utilizada no processo de extrusão-cozedura.

### 2.1.2. Reagentes

Os reagentes utilizados no presente trabalho foram de qualidade pró análise para as determinações efectuadas constam no quadro 6:

**Quadro 6** - Reagentes utilizados ao longo do trabalho e respectivos fornecedores.

| Reagente                               | Fornecedor                   |
|--|------------------------------|
| Ácido Acético 1N                       | Panreac Química S.A.U.       |
| Ácido Bórico                           | Sigma-Alodrich               |
| Ácido Clorídrico                       | Fisher Scientific            |
| Ácido Gálico 0,98%                     | Acros Organics               |
| Amilose de batata                      | Acros Organics               |
| Ácido Sulfúrico                        | Fluka                        |
| Metanol                                | Sigma-Alodrich               |
| Folin-ciocalteu                        | Panreac Química S.A.U.       |
| Carbonato anidro                       | Panreac Química S.A.U.       |
| Éter Etilico                           | Fluka                        |
| Etanol 95%                             | Panreac Química S.A.U.       |
| Hidróxido de Sódio 1N                  | Absolve                      |
| n-hexano                               | Fluka                        |
| Dimetilsulfóxido (DMSO)                | Fisher Scientific            |
| Sulfato de Cobre                       | José Manuel Gomes dos Santos |
| Fenolftalaina                          | José Manuel Gomes dos Santos |
| 2,2 – diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) | Sigma-Alodrich               |

### 2.2. Produção de sucedâneos de cereais de pequeno-almoço

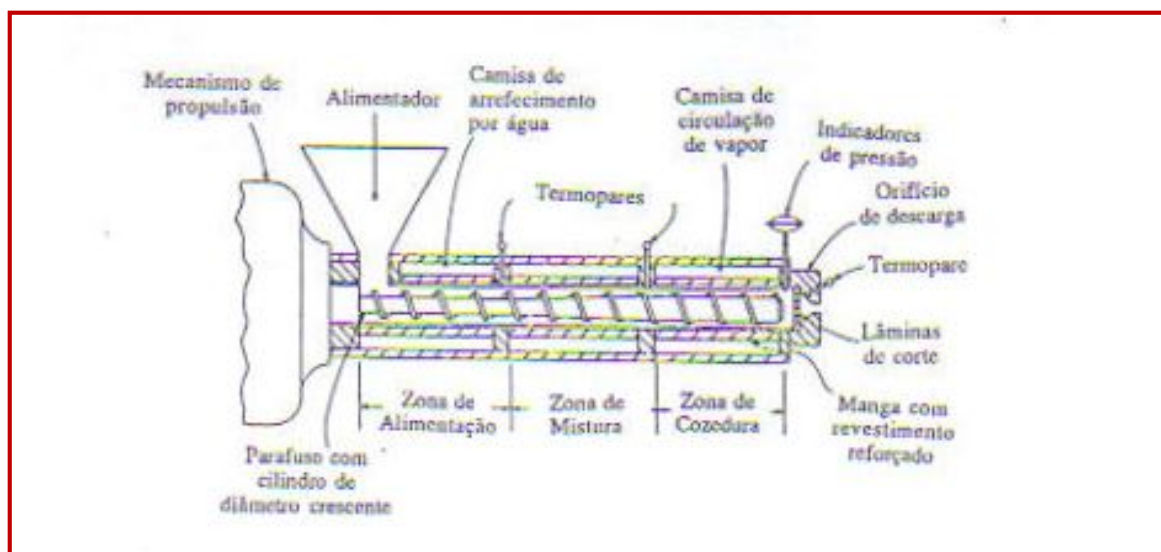
As farinhas assim obtidas foram depois guardadas em recipientes estanques e ao abrigo da luz para que as suas características não fossem alteradas.

As misturas definidas no delineamento experimental foram condicionadas a um teor de humidade de 20%, previamente à extrusão. O condicionamento foi efectuado em

frascos de vidro, devidamente fechados e mantidos à temperatura ambiente por um período de 24 horas.

Os produtos extrudidos obtiveram-se utilizando uma extrusora de laboratório de parafuso simples e com uma fieira laminar. A extrusora é constituída por três zonas: zona de alimentação, de mistura e de cozedura, na extremidade do qual se encontra o orifício de saída – cabeça da extrusora. O parafuso utilizado para este estudo foi um parafuso de Arquimedes tipo 3:1 (correspondendo à taxa de compressão). Quando o produto atinge a extremidade do parafuso, o material encontra um espaço vazio antes de ser forçado a atravessar a cabeça da extrusora. É nesta altura que o produto atinge a temperatura mais elevada. Também a pressão a que está sujeito alcança o seu valor máximo, ao ser empurrado contra a fieira.

Apresenta-se na figura 6 o esquema geral de uma extrusora de parafuso simples, estando indicadas as três secções em que consiste o parafuso: zona de alimentação, zona de transição ou de mistura e zona de cozedura.



**Figura 6** – Secções de uma extrusora de parafuso simples.

**Fonte** – Choupina, 1993.

Para o processo de extrusão-cozedura existem diversos parâmetros a ter em conta, como: a temperatura nos diferentes pontos de controlo da extrusora (nesta extrusora existem três pontos de controlo aos quais chama-nos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ), a composição da mistura que vai ser utilizada, a velocidade de parafuso (v.p.), a velocidade de alimentação e a taxa de compressão que está relacionada com a pressão.

Após o processo de extrusão-cozedura, os extrudidos foram cortados manualmente, em pequenos quadrados para posterior utilização.

### 2.3. Delineamento experimental do processo de extrusão-cozedura

O delineamento experimental seguido no presente estudo teve por base uma matriz factorial composta, constituída por dezoito pontos, onde, com base em informações colhidas de leituras bibliográficas e em ensaios prévios, definimos como variáveis independentes a composição da amostra, a temperatura  $T_2$  e  $T_3$  e a velocidade de parafuso. A velocidade da alimentação da extrusora foi sempre igual à velocidade de parafuso, apresentando, assim, os mesmos limites. O quadro 7 indica os limites, mínimo e máximo, para cada uma das três variáveis independentes.

**Quadro 7** – Limites das variáveis independentes.

| Variáveis independentes | Limites (mínimo e máximo)                                       |
|-------------------------|---|
| Composição da mistura   | 10% a 50% de repiso de tomate (restante de farinha de castanha) |
| Temperatura $T_2 = T_3$ | 110°C a 150°C   |
| Velocidade de parafuso  | 100 a 204 r.p.m   |

A temperatura no ponto 1 da extrusora ( $T_1$ ) e a taxa de compressão mantiveram-se constantes ao longo de todos os ensaios. Os seus valores foram estabelecidos com base em ensaios prévios. O quadro 8 indica os valores estabelecidos para cada uma destas variáveis constantes:

**Quadro 8** – Valores estabelecidos para as variáveis constantes.

| Variáveis constantes | Valor Estabelecido |
|----------------------|--------------------|
| Taxa de compressão   | 3:1                |
| Temperatura $T_1$    | 90°C               |

Após extrusão, os produtos extrudidos foram embalados em sacos de plástico sob vácuo, a fim de evitar a rehidratação, até serem secos em estufa a 60°C durante 17 horas, para posterior utilização e caracterização.

A matriz factorial para este trabalho tem assim três factores, cinco níveis e quatro réplicas do ponto central, como é possível ver no quadro 9.

**Quadro 9** – Matriz factorial composta codificada e decodificada.

| Matriz Factorial Composta |          |                        |                                    |              |                                |
|---------------------------|----------|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------------------------|
| Composição da amostra     | T2 = T3  | Velocidade de Parafuso | Composição da amostra (%de repiso) | T2 = T3 (°C) | Velocidade de Parafuso (r.p.m) |
| -1                        | -1       | -1                     | 18                                 | 118          | 116                            |
| -1                        | -1       | 1                      | 18                                 | 118          | 204                            |
| -1                        | 1        | -1                     | 18                                 | 142          | 116                            |
| -1                        | 1        | 1                      | 18                                 | 142          | 204                            |
| 1                         | -1       | -1                     | 42                                 | 118          | 116                            |
| 1                         | -1       | 1                      | 42                                 | 118          | 204                            |
| 1                         | 1        | -1                     | 42                                 | 142          | 116                            |
| 1                         | 1        | 1                      | 42                                 | 142          | 204                            |
| -1,68179                  | 0        | 0                      | 10                                 | 130          | 140                            |
| 1,68179                   | 0        | 0                      | 50                                 | 130          | 140                            |
| 0                         | -1,68179 | 0                      | 30                                 | 110          | 140                            |
| 0                         | 1,68179  | 0                      | 30                                 | 150          | 140                            |
| 0                         | 0        | -1,68179               | 30                                 | 130          | 100                            |
| 0                         | 0        | 1,68179                | 30                                 | 130          | 180                            |
| 0                         | 0        | 0                      | 30                                 | 130          | 140                            |
| 0                         | 0        | 0                      | 30                                 | 130          | 140                            |
| 0                         | 0        | 0                      | 30                                 | 130          | 140                            |
| 0                         | 0        | 0                      | 30                                 | 130          | 140                            |

## 2.4. Métodos analíticos

Todas as determinações analíticas foram efectuadas no mínimo em triplicado.

### ➤ Teor de humidade

A humidade foi determinada por gravimetria após secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 100°C, até se atingir massa constante.

### ➤ Teor de cinza

A determinação do teor de cinza foi efectuada por calcinação em mufla (a 500°C), até massa constante.

➤ Teor de gordura

A determinação do teor de gordura foi realizada por extracção com éter-etílico num extractor Soxhlet durante 8 horas.

➤ Teor de proteína

Para esta determinação multiplicou-se por 6,25 a percentagem de azoto total obtido pelo método de kjeldhal, usando como catalisador o sulfato de cobre saturado.

➤ Teor de amido

Utilizou-se para esta determinação o método descrito por Correia (2009).

➤ Teor de amilose

O teor de amilose foi determinado através do método descrito por Juliano (1971). A curva padrão efectuada para esta determinação encontra-se no anexo II.

➤ Teor de fenóis

O teor de fenóis da farinha de castanha foi determinado por espectrofotometria a 700nm e expresso em mg/ml de Ácido Galhico. A curva padrão realizada para esta determinação encontra-se no anexo III.

➤ Actividade antioxidante

A actividade antioxidante, tanto das matérias-primas como de todos os extrudidos produzidos, foi determinada através do radical DPPH e baseado no método de Quencher (Pereira 2010). As amostras a analisar foram, previamente, trituradas onde se utilizou uma massa efectiva entre 30 a 60mg para a farinha de castanha e 10 – 30mg para o repiso de tomate, com um tempo de reacção de 15 minutos. Seguidamente, procedeu-se à leitura das absorvâncias a 517nm e cujos valores foram traduzidos em trolox (M) através de uma curva de calibração (ver anexo IV e V).

➤ Textura

A determinação instrumental dos parâmetros de textura foi efectuada num texturómetro TA-XT.Plus da Stable Micro Systems. A dureza do material foi determinada efectuando um teste de penetração às amostras, até á ruptura total do material, com uma sonda de aço de 2mm de diâmetro a uma velocidade de 1mm/s. Foram analisados 15 réplicas de cada uma das amostras iniciais. A determinação da

textura foi efectuada nos extrudidos desidratados e nos extrudidos imersos no leite ao fim de 1,3 e 5 minutos.

➤ Cor

As amostras dos extrudidos foram analisadas através do colorímetro Minolta CR-300, onde se registaram os valores do eixo  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  e por conversão obteve-se os valores de cromaticidade (C) e tonalidade (h). A análise incidiu sobre vinte extrudidos de cada uma das amostras.

➤ Capacidade de hidratação

A determinação da capacidade de hidratação dos extrudidos foi realizada em leite meio gordo à temperatura ambiente a diferentes tempos de imersão, onde se registou a massa dos cereais desidratados e a massa ao fim de 1, 3 e 5 minutos no leite, onde por diferença se verificou a capacidade de absorção dos extrudidos e a respectiva percentagem de massa adquirida, para cada um dos tempos. Os resultados apresentam-se no anexo VI.

Esta análise foi efectuada em quinze replicados, aleatoriamente seleccionados, de cada uma das amostras da matriz experimental do presente estudo e em duplicado, a fim de se confirmar os resultados obtidos na primeira medição.

➤ Espessura

A espessura foi avaliada através de uma craveira digital, em pontos diferentes dos extrudidos, de forma a obter uma média da espessura dos mesmos, expressa em mm.

➤ Avaliação da Microestrutura

A microestrutura dos extrudidos foi avaliada por microscopia electrónica de varrimento (Scanning electron microscopy - SEM). As amostras foram preparadas em diferentes cortes transversais, em lâminas, em diferentes pontos dos extrudidos e posteriormente cobertos com uma mistura de ouro/paladium num metalizador Polarom E5350 e observadas num microscópio Jeol JSN – 5410 a 10kv.

### 3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos foram submetidos a tratamentos estatísticos e seguindo a metodologia RSM – Método de Superfície de Resposta, utilizando o Programa *Statistic* versão 7,0.

Para o cálculo das equações, os dados foram ajustados a equações polinomiais de segunda ordem (ver equação 1) para cada variável dependente Y.

$$Y = b_0 + b_1X + b_{11}X^2 + b_2T + b_{22}T^2 + b_{12}XT \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

$b_n$  = coeficientes de regressão constantes;

X = variável dependente correspondente à concentração de Repiso de tomate existente na mistura;

T = variável dependente correspondente à temperatura de processamento.

Todos os parâmetros do modelo foram determinados, incluindo os parâmetros linear, quadrático e interação.

As variáveis dependentes analisadas estatisticamente foram: a textura dos extrudidos desidratados e a textura dos extrudidos após a imersão em leite, a cor, a capacidade de absorção, e espessura, a microestrutura e a actividade antioxidante dos extrudidos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da farinha de castanha

As características físico-químicas da farinha de castanha obtidas constam no quadro 10:

**Quadro 10** – Caracterização físico-química da farinha de castanha.

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>Humidade (%)</b>    | <b>6,34</b> |
| <b>Cinza (%)</b>       | 1,896       |
| <b>Gordura (%)</b>     | 2,8532      |
| <b>Proteína (%)</b>    | 0,3286      |
| <b>Amilose (mg/ml)</b> | 1,293       |
| <b>Fenóis (mg/ml)</b>  | 0,805       |

### 4.2. Caracterização dos sucedâneos de cereais de pequeno-almoço

No quadro 11, encontram-se os teores de humidade de alguns extrudidos antes e depois da secagem a 60°C durante 17 horas e o respectivo  $a_w$ .

**Quadro 11** – Teores de humidade dos extrudidos antes e depois da secagem e respectivo  $a_w$ .

| <b>Composição da mistura</b> | <b>Teor de Humidade dos extrudidos (%)</b> | <b>Teor de Humidade extrudidos desidratados (%)</b> | <b><math>a_w</math> dos extrudidos desidratados</b> |
|------------------------------|--|---|---|
| 10R/90C (extremo inferior)   | 13,83                                      | 3,92  | 0,302   |
| 50R/50C (extremo superior)   | 13,99                                      | 2,47  | 0,256   |
| 30R/70C (ponto central)      | 15,57                                      | 3,13  | 0,321   |



No quadro 12 estão apresentados os diferentes produtos obtidos após secagem em estufa.






**Quadro 12** – Produtos obtidos após secagem em estufa.

| <b>Composição da amostra e condições de processamento</b>     | <b>Produtos obtidos após secagem em estufa</b>                                       |
|---|--|
| <b>42R/58C</b><br><b>T = 118°C</b><br><b>V.P. = 116 r.p.m</b> |    |
| <b>42R/58C</b><br><b>T = 142°C</b><br><b>V.P. = 116 r.p.m</b> |  |
| <b>42R/58C</b><br><b>T = 118°C</b><br><b>V.P. = 204 r.p.m</b> |  |

|  |  |
|--|--|
|  |    |
| <p><b>42R/58C</b></p> <p><b>T = 142°C</b></p> <p><b>V.P. = 204 r.p.m</b></p> |   |
| <p><b>18R/82C</b></p> <p><b>T = 118°C</b></p> <p><b>V.P. = 116 r.p.m</b></p> |  |
|  |  |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>18R/82C</b></p> <p><b>T = 142°C</b></p> <p><b>V.P. = 116 r.p.m</b></p> |    |
| <p><b>18R/82C</b></p> <p><b>T = 118°C</b></p> <p><b>V.P. = 204 r.p.m</b></p> |   |
| <p><b>18R/82C</b></p> <p><b>T = 142°C</b></p> <p><b>V.P. = 204 r.p.m</b></p> |  |

|   |  |
|---|--|
| <p>10R/90C</p> <p>T = 130°C</p> <p>V.P. = 140 r.p.m</p> |    |
| <p>50R/50C</p> <p>T = 130°C</p> <p>V.P. = 140 r.p.m</p> |   |
| <p>30R/70C</p> <p>T = 130°C</p> <p>V.P. = 100 r.p.m</p> |  |
|   |  |



|  |  |
|--|--|
| <p><b>30R/70C</b></p> <p><b>T = 110°C</b></p> <p><b>V.P. = 140 r.p.m</b></p> |    |
| <p><b>30R/70C</b></p> <p><b>T = 130°C</b></p> <p><b>V.P. = 140 r.p.m</b></p> |   |
| <p><b>30R/70C</b></p> <p><b>T = 150°C</b></p> <p><b>V.P. = 140 r.p.m</b></p> |  |



A análise visual do conjunto das amostras permite verificar que não existe diferenças muito relevantes entre elas. No entanto, evidenciam-se nos extrudidos com maior concentração de farinha de castanha uma ligeira expansão em pontos da superfície do produto, justificada pela maior concentração de amido no produto. Como se pode observar, os produtos que apresentaram uma cor mais avermelhada, como espectável, foram os que continham maior concentração de repiso de tomate na mistura. Os produtos com maior concentração de farinha de castanha apresentaram uma cor mais acastanhada que possivelmente se pode atribuir a alterações dos açúcares.

#### **4.3. Cor**

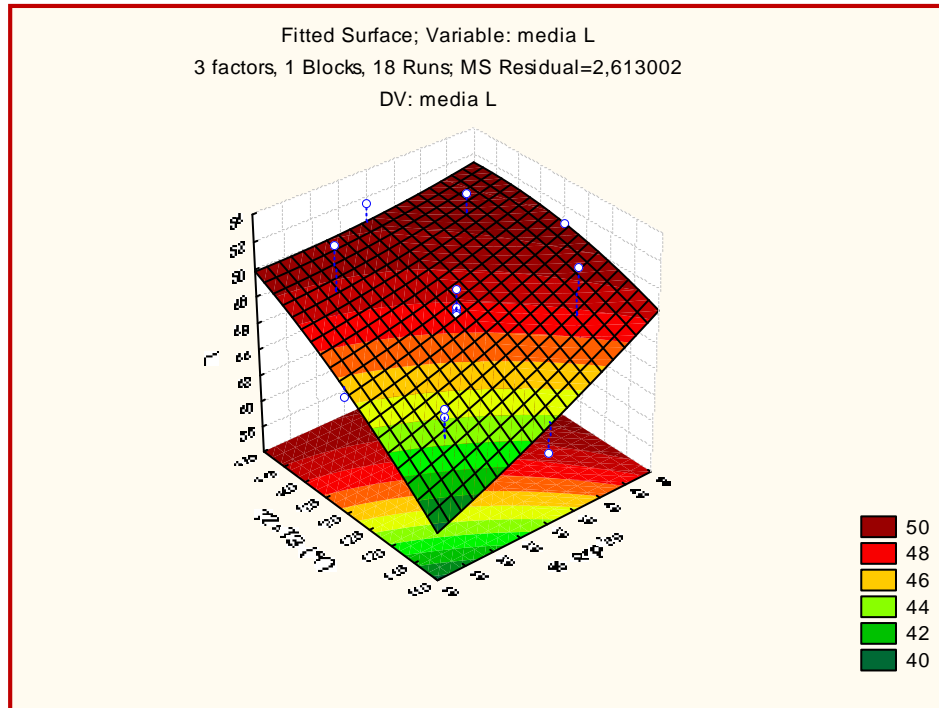
- Luminosidade ( $L^*$ )

A luminosidade dos produtos foi bastante influenciada pela composição da mistura ( $p = 0,007$ ), pela temperatura de processamento ( $p = 0,002$ ) e pela interação entre composição da mistura e velocidade de parafuso ( $p = 0,009$ ). Pela análise da figura 7, verificou-se que quanto menor for a temperatura e menor a concentração de repiso de tomate na mistura, mais baixos foram os valores da luminosidade ( $L$  mínimo = 38), ou seja, mais claros foram os produtos. Verificou-se também que estas amostras se apresentavam menos brilhantes. O oposto também se verificou, ou seja, temperaturas altas e elevadas concentrações de repiso de tomate na mistura fizeram aumentar os valores da luminosidade ( $L$  máximo = 50).

$$\text{Luminosidade} = -23,773 + 1,1763[R] + 0,0009[R]^2 + 0,721T - 0,002T^2 - 0,004[R]T - 0,003*148,889[R] + 0,0009*148,889T - 7,448$$

(Eq. 2)

$R^2 = 0,85233$ ;  $R^2 \text{ ajust.} = 0,68621$



**Figura 7** – Superfície de resposta da luminosidade (I).

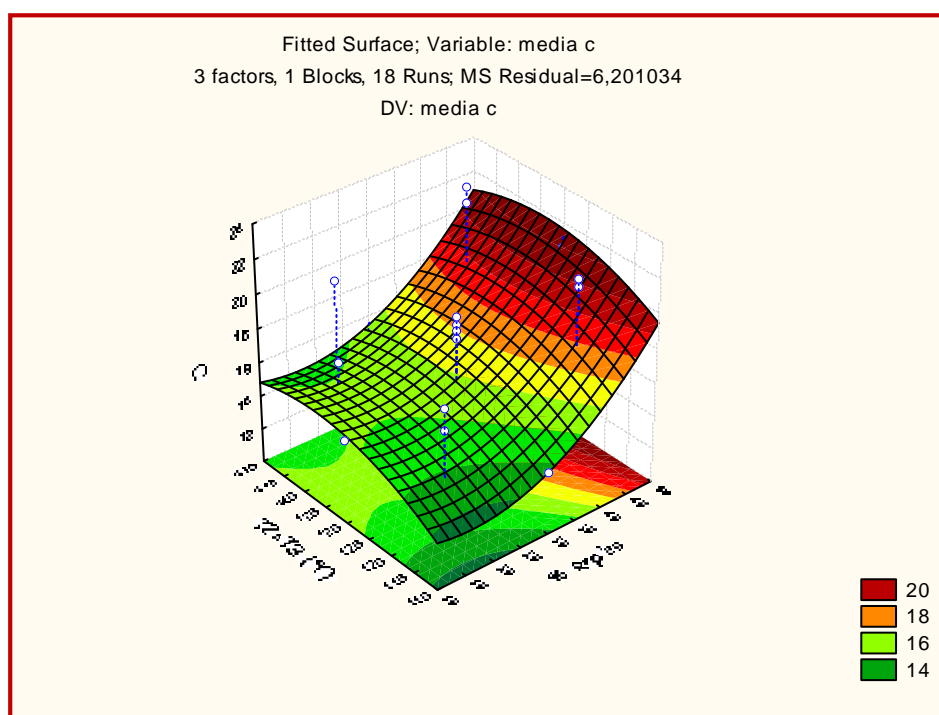
- Índice de saturação da cor ou cromaticidade (C)

Quanto à intensidade da cor, verificou-se que esta foi influenciada pela composição da mistura ( $p = 0,023$ ) e pela velocidade de parafuso ( $p = 0,034$ ). Pela superfície de resposta apresentada na figura 8 verificou-se que qualquer que seja a temperatura, o índice de saturação foi sempre baixo o que significa que a temperatura não tem qualquer influência nesta variável independente. Quanto à composição da mistura, foi possível observar que, misturas com baixas concentrações de repiso apresentaram valores de saturação da cor baixos (C mínimo = 14), mas à medida que a quantidade de repiso de tomate aumentava na mistura, os valores de C também iam aumentando (C máximo = 20).

$$C = -35,249 - 0,261[R] + 0,006[R]^2 + 1,215T - 0,004T^2 - 0,0004[R]T + 0,0008*148,889[R] - 0,00146*148,889T - 16,509$$

(Eq. 3)

$$R^2 = 0,70446; R^2_{\text{ajust.}} = 0,37197$$



**Figura 8** – Superfície de resposta da cromaticidade (C).

- Tonalidade (h)

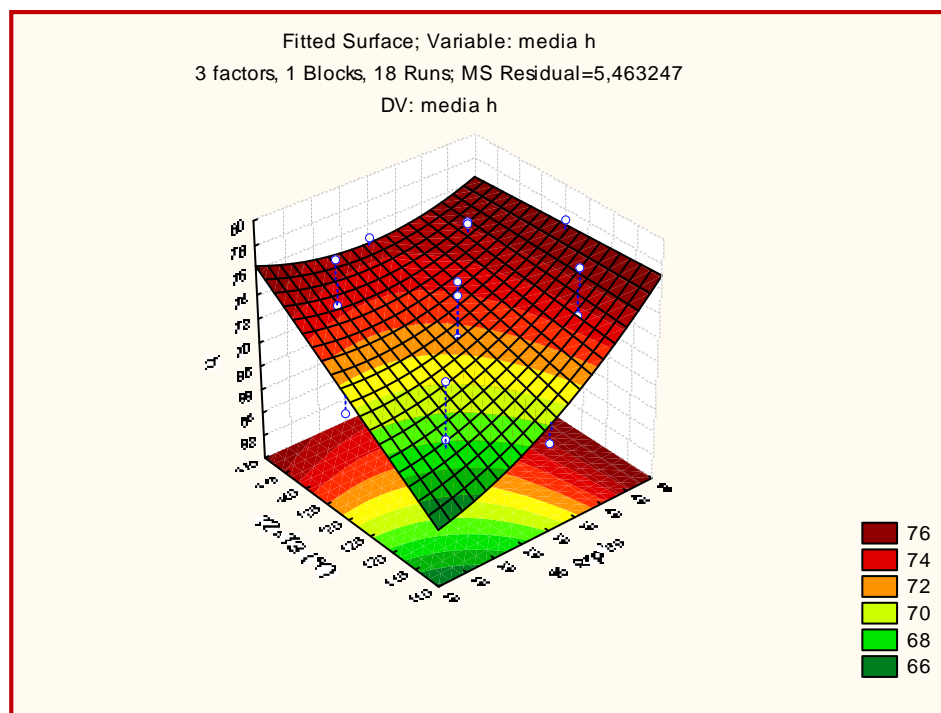
Relativamente aos valores de h e pela figura 9, foi possível verificar que estes são afectados principalmente pela temperatura de extrusão ( $p = 0,034$ ) e pela composição da mistura ( $p = 0,018$ ). Isto significa que a baixas temperaturas de processamento e misturas com baixas concentrações de repiso de tomate, os produtos apresentavam uma baixa tonalidade (h mínimo = 64), e à medida que estas duas variáveis aumentavam, os valores de h também aumentavam, obtendo desta forma amostras com tonalidades mais elevadas (h máximo = 80). Visto que foi o repiso de tomate o grande responsável pela tonalidade e cor dos extrudidos, estes foram valores que foram de encontro ao que era espectável.



$$h = 27,135 + 1,325[R] + 0,005[R]^2 + 0,321T - 0,00001T^2 - 0,008[R]T - 0,003*148,889[R] + 0,0003*148,889T - 3,477$$

(Eq. 4)

$R^2 = 0,76442$ ;  $R^2$  ajust. = 0,4994



**Figura 9** – Superfície de resposta da tonalidade (h).

Verificou-se assim que os extrudidos com grandes concentrações de farinha de castanha na mistura e que ao longo do processo de extrusão foram submetidos a baixas temperaturas de processamento apresentaram uma cor menos escura, o que pode ser explicado pela menor concentração de repiso de tomate e por se verificar uma menor degradação térmica dos açúcares.

#### 4.4. Avaliação da microestrutura dos extrudidos (SEM)

De um modo geral, e pela análise da microestrutura, foi possível verificar que todas as amostras analisadas apresentavam uma grande heterogeneidade nas suas estruturas, quer ao nível da superfície, quer ao nível do seu interior.

Pela avaliação da microestrutura dos extrudidos com 18% de repiso de tomate e 82% de farinha de castanha (ver quadro 13) verificou-se que, independentemente da temperatura de processamento e da velocidade de parafuso, todos estes extrudidos apresentavam uma superfície irregular, com alvéolos irregulares e de grandes dimensões (ver ponto *a* do quadro 13) mas o seu interior continha bastantes zonas continuas. Em todos eles foi possível observar a presença de grânulos de amido (ver ponto *b* do quadro 13). Pela análise das fotografias observou-se que, em algumas amostras e nalgumas zonas, os grânulos de amido apresentavam-se entumescidos e, possivelmente, gelatinizados total ou parcialmente, no entanto verificou-se que a fusão dos mesmos não é completa (ponto *c* do quadro 13).

Verificou-se ainda que a velocidade de parafuso não teve um efeito significativo nas estruturas internas destas amostras; contudo a uma temperatura de extrusão maior os alvéolos existentes foram mais achatados e alongados.

Através da avaliação da microestrutura dos extrudidos com 42% de repiso de tomate e 58% de farinha de castanha (ver quadro 14) verificou-se que os extrudidos apresentavam uma superfície menos irregular que os produtos anteriores; com alvéolos irregulares de dimensões variadas mas mais pequenos que os anteriores, o interior apresentou também bastantes zonas lisas. Nestes extrudidos continuou-se a verificar o baixo efeito da velocidade de parafuso e o efeito da temperatura na forma dos alvéolos (temperaturas mais elevadas – alvéolos mais achatados e alongados).

Pelo quadro 15 (extrudidos com 10% de repiso de tomate e 90% de farinha de castanha), foi possível verificar que estas amostras apresentavam uma superfície bastante regular; no seu interior eram poucos os alvéolos existentes, apresentando assim um interior bastante contínuo. Concluiu-se então que, quanto maior a concentração de farinha de castanha na mistura e, consequentemente de amido, mais liso e coeso era o seu interior.

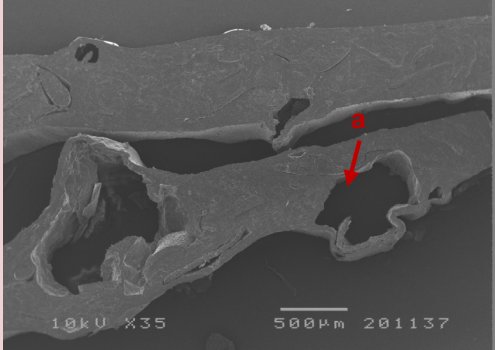
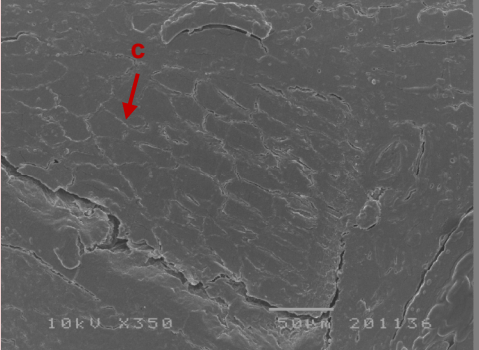
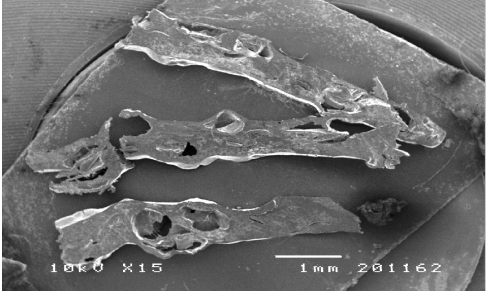
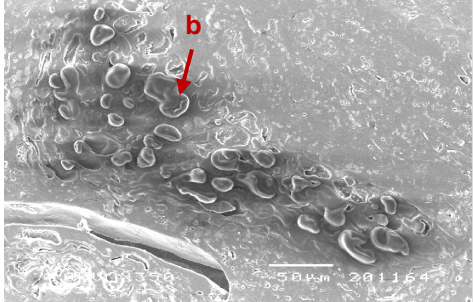
Contudo, para os extrudidos com 50% de repiso e 50% de farinha de castanha verificou-se a existência de uma superfície irregular; o seu interior possuía um grande número de alvéolos achatados, longos e de dimensões variadas, com poucas zonas lisas visto o seu interior ser muito desagregada. Com esta observação foi possível verificar que os extrudidos com maior concentração de repiso de tomate na sua composição, ou seja, as amostras com maior teor de fibra, apresentavam um interior pouco coeso e bastante irregular.

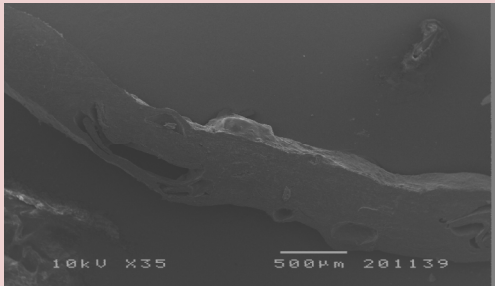
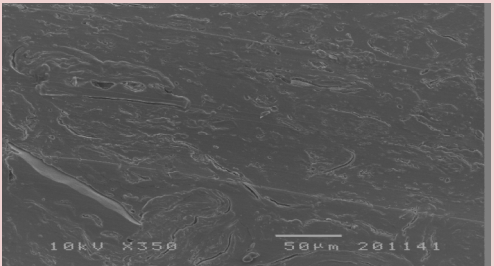
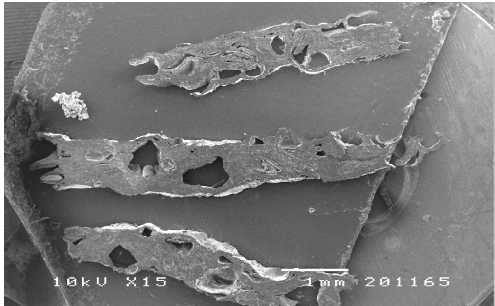
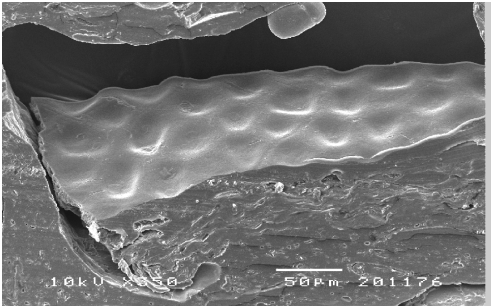
Através da análise do quadro 16 (extrudidos com 30% de repiso de tomate e 70% de farinha de castanha), verificou-se que todos eles apresentavam uma superfície irregular; com alvéolos pequenos, de dimensões variadas; e com algumas zonas lisas no seu interior. Com esta análise, verificou-se que a uma temperatura de 110°C, o interior da amostra era mais liso e com menor quantidade de alvéolos; ao contrário da amostra que foi submetida a uma temperatura de extrusão mais elevada – 150°C, cuja sua estrutura interna era mais irregular e os seus alvéolos eram mais alongados e achatados e de menor dimensão. Verificou-se também que a velocidade pouco influenciou a estrutura interna das amostras analisadas.

Pela avaliação da microestrutura dos pontos centrais da matriz factorial - 30% repiso e 70% farinha de castanha (ver quadro 17) verificou-se que as superfícies destes extrudidos eram pouco irregulares; que os alvéolos existiam em pouca quantidade, irregulares, de pequena dimensão; com zonas bastante contínuas. Em todos eles foi possível verificar uma possível presença de inúmeros grânulos de amido (ver ponto a do quadro 17).

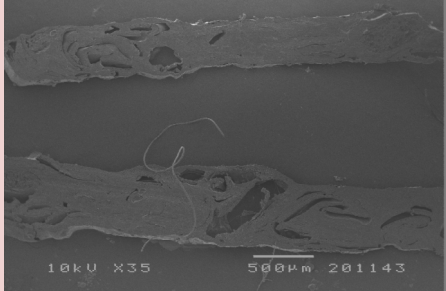
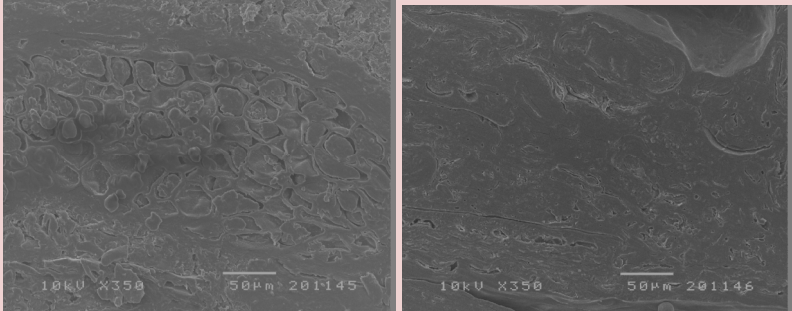
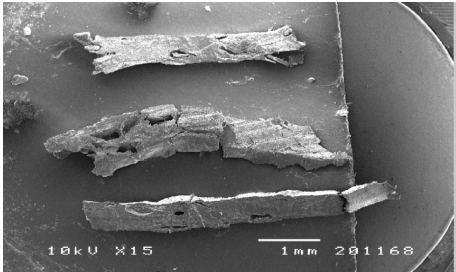
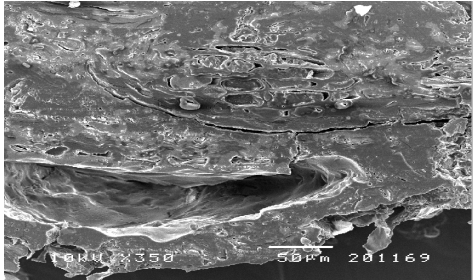
Em sùmula, verificou-se que quanto maior a concentração de farinha de castanha presente nos produtos, mais contínua era a sua estrutura interna e os alvéolos que existiam eram em pequena quantidade mas de grandes dimensões. Por outro lado, os extrudidos com maior teor de repiso de tomate, e consequentemente maior teor de fibra, apresentavam uma estrutura pouco coesa, levando a pressupor que a fibra conduz a uma maior descontinuidade no interior dos produtos.

**Quadro 13** – Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para misturas com 18R / 82C.

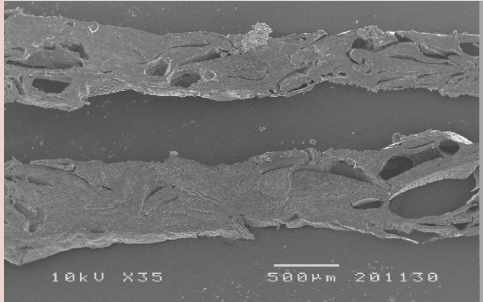
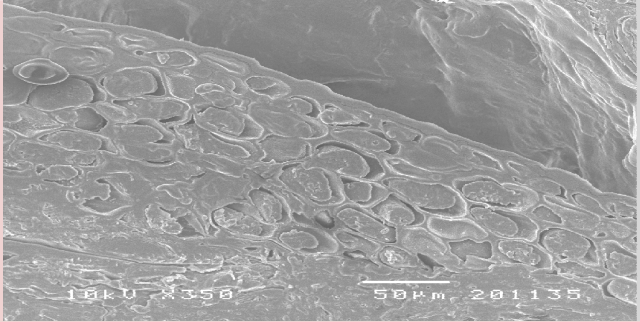
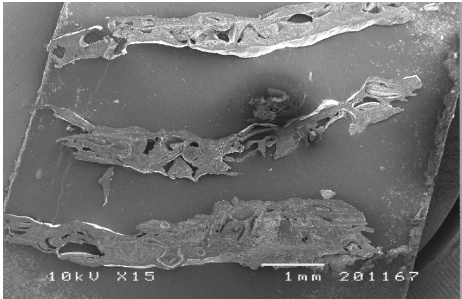
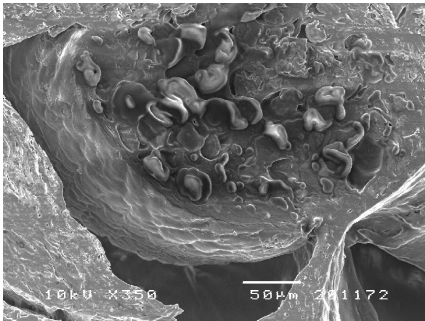
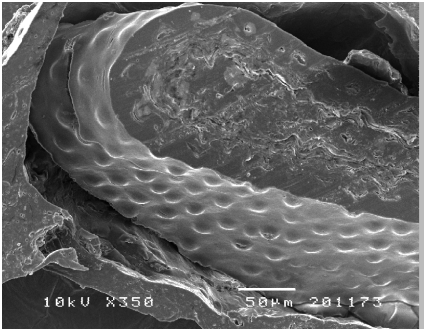
| Composição da amostra | T2 = T3 (°C) | V.P. (r.p.m) | Microestrutura  |  |
|-----------------------|--------------|--------------|---|--|
| 18R / 82C             | 118          | 116          |   |   |
| 18R / 82C             | 118          | 204          |  |  |
|                       |              |              |   |  |

|           |     |     |  |   |
|-----------|-----|-----|--|---|
| 18R / 82C | 142 | 116 |  |  |
| 18R / 82C | 142 | 204 |  |  |

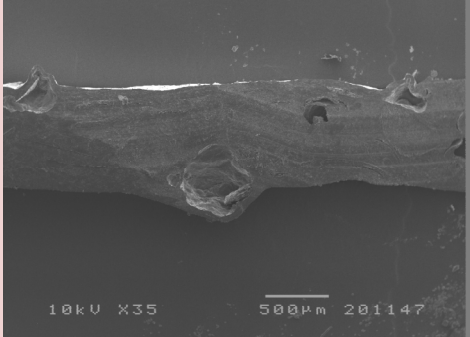
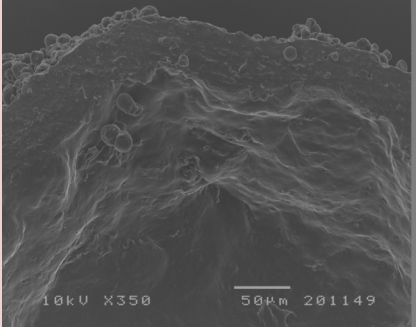
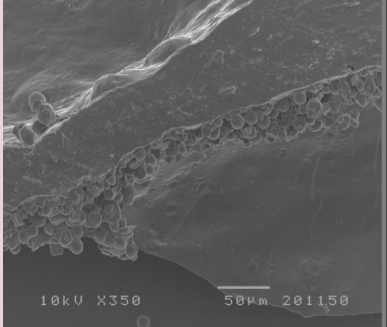
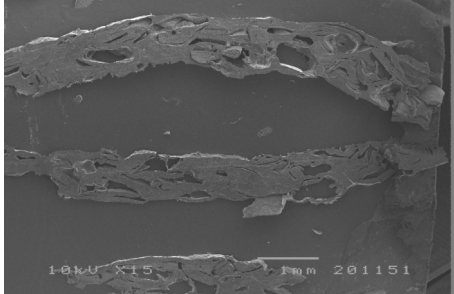
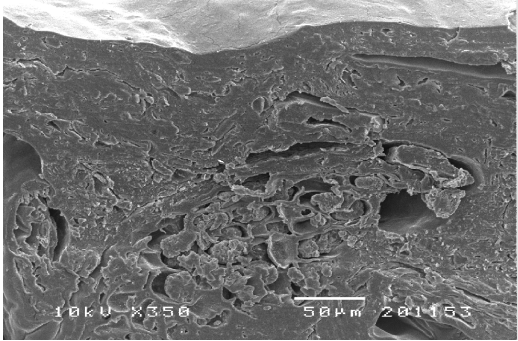
**Quadro 14** – Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para misturas com 42R / 58C.

| Composição da amostra | T2 = T3 (°C) | V.P. (r.p.m) | Microestrutura  |  |
|-----------------------|--------------|--------------|---|--|
| 42R / 58C             | 118          | 116          |   |   |
| 42R / 58C             | 118          | 204          |  |  |



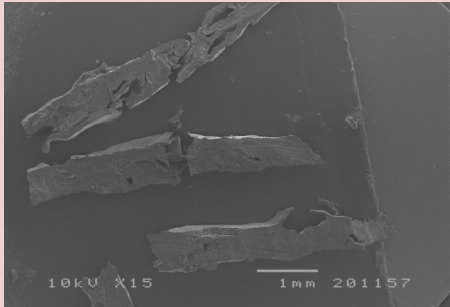
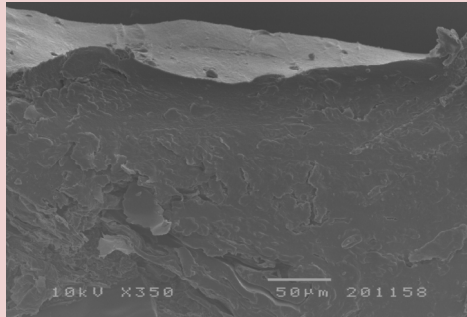
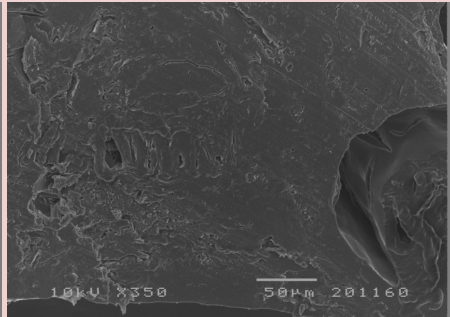
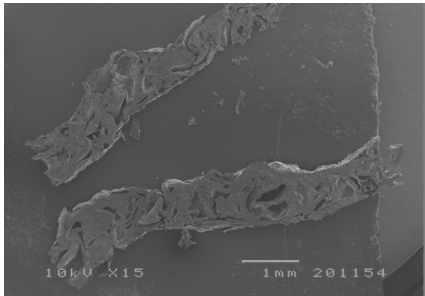
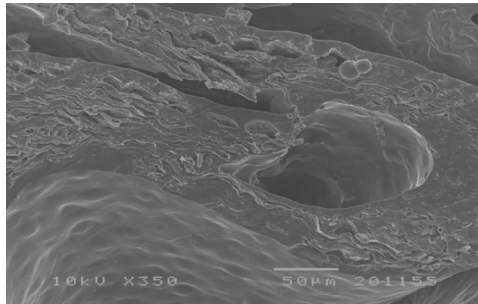
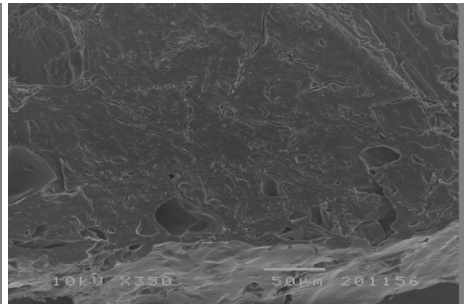
|           |     |     |  |   |
|-----------|-----|-----|--|---|
| 42R / 58C | 142 | 116 |  |    |
| 42R / 58C | 142 | 204 |  |   |

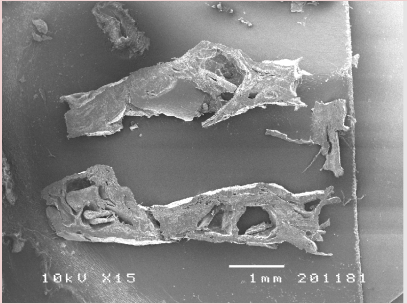
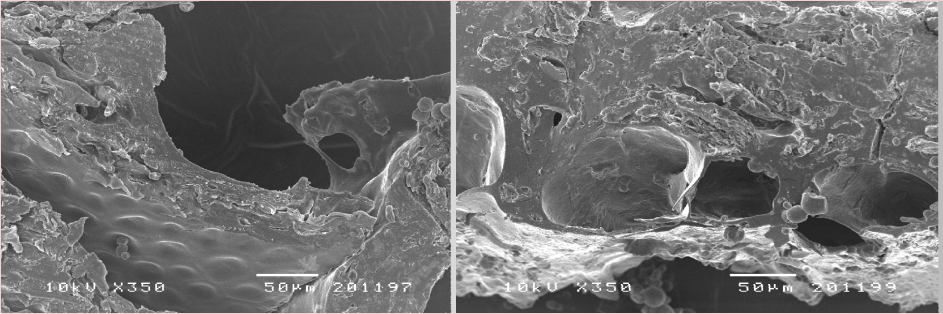
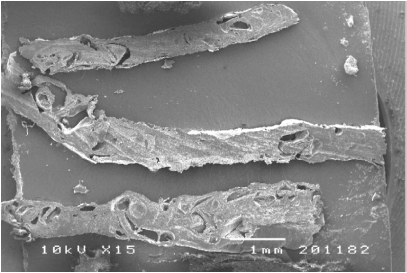
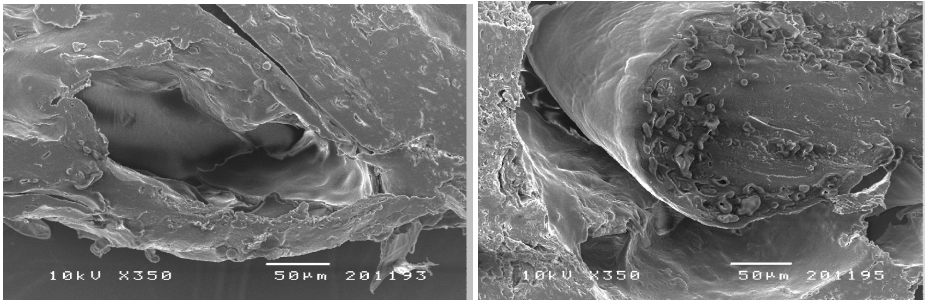
**Quadro 15** – Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para o ponto mínimo e máximo da matriz.

| Composição da amostra | T2 = T3 (°C) | V.P. (r.p.m) | Microestrutura  |   |
|-----------------------|--------------|--------------|---|---|
| 10R / 90C             | 130          | 140          |   |   |
| 50R / 50C             | 130          | 140          |  |   |

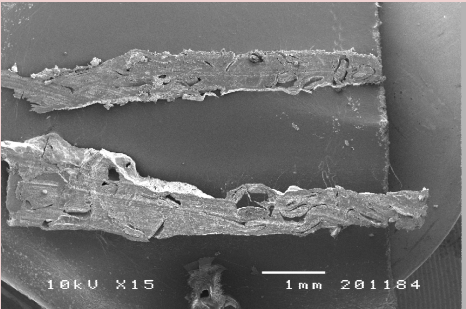
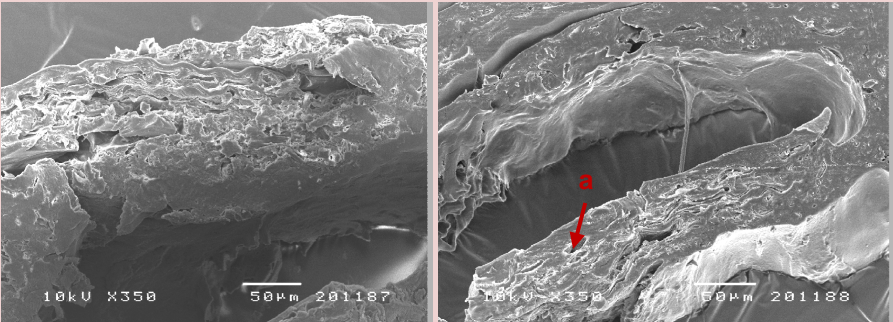
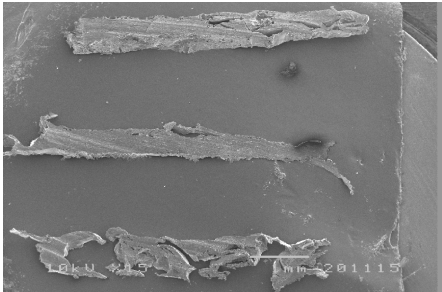
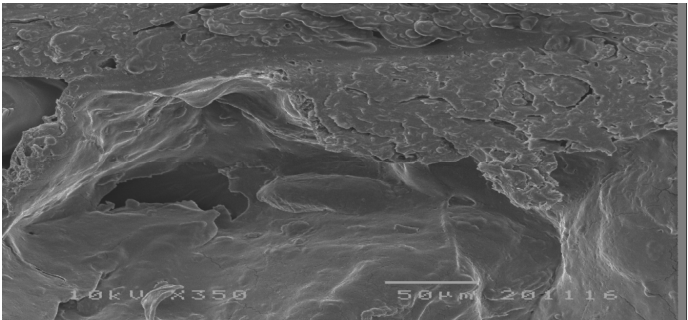


**Quadro 16** – Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para misturas com 30R / 70C.

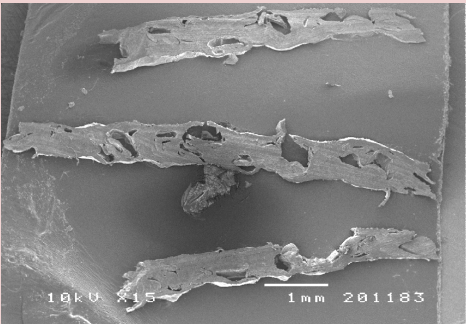
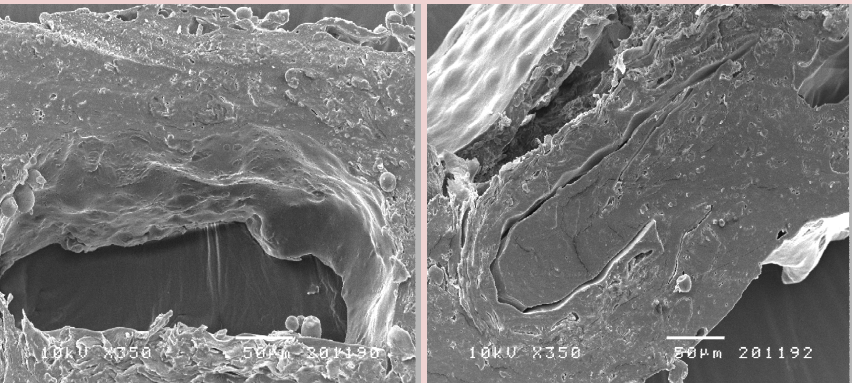

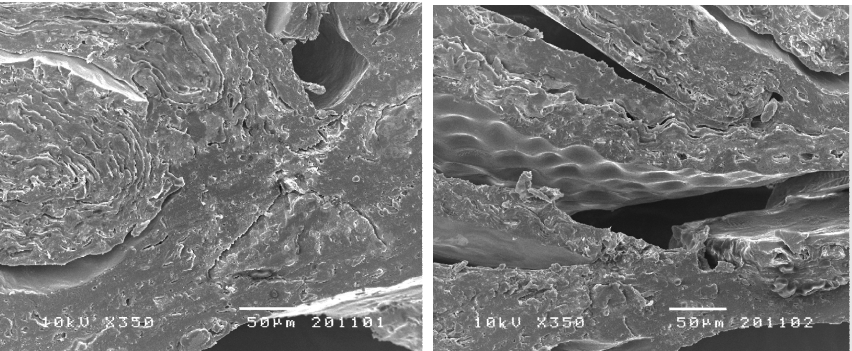
| Composição da amostra | T2 = T3 (°C) | V.P. (r.p.m) | Microestrutura  |  |  |
|-----------------------|--------------|--------------|---|--|--|
| 30R / 70C             | 110          | 140          |   |   |   |
| 30R / 70C             | 150          | 140          |  |  |  |

|           |     |     |  |   |
|-----------|-----|-----|--|---|
| 30R / 70C | 130 | 100 |  |  |
| 30R / 70C | 130 | 180 |  |  |

**Quadro 17** – Diferentes ampliações para a observação da microestrutura para os pontos centrais da matriz.

| Composição da amostra | T2 = T3 (°C) | V.P. (r.p.m) | Microestrutura  |  |
|-----------------------|--------------|--------------|---|--|
| 30R / 70C             | 130          | 140          |   |   |
| 30R / 70C             | 130          | 140          |  |  |



|           |     |     |   |  |
|-----------|-----|-----|---|--|
| 30R / 70C | 130 | 140 |   |   |
| 30R / 70C | 130 | 140 |  |  |

#### 4.5. Textura dos extrudidos

Dos parâmetros do processo de extrusão-cozedura, verificou-se que existiram efeitos significativos das variáveis independentes consideradas na textura dos produtos analisados. Assim, pela figura 10 verificou-se que as variáveis dependentes que mais influenciaram a textura dos extrudidos foram a composição da mistura ( $p = 0,004$ ) e a temperatura de processamento ( $p = 0,004$ ). Baixas temperaturas e misturas com menos repiso de tomate, conduziram à produção de extrudidos nos quais a força necessária para a quebrar foi maior, ou seja, estes produtos apresentaram-se com uma maior dureza (dureza máxima = 10N). Por outro lado, quanto maior a concentração de repiso de tomate na mistura inicial e quanto mais alta era a temperatura de extrusão mais baixa era a dureza do material (dureza mínima= 4N). Verificou-se assim que os extrudidos que continham maior percentagem de fibra e portanto com menos amido, foram aqueles que apresentaram durezas mais baixas.

$$\text{Força Máxima} = 2,661 - 0,026[R] + 0,001[R]^2 + 0,260T - 0,0007T^2 - 0,002[R]T + 0,001*148,889[R] - 0,001*148,889T - 0,123$$

(Eq. 5)

$$R^2 = 0,85446; R^2_{\text{ajust.}} = 0,69072$$

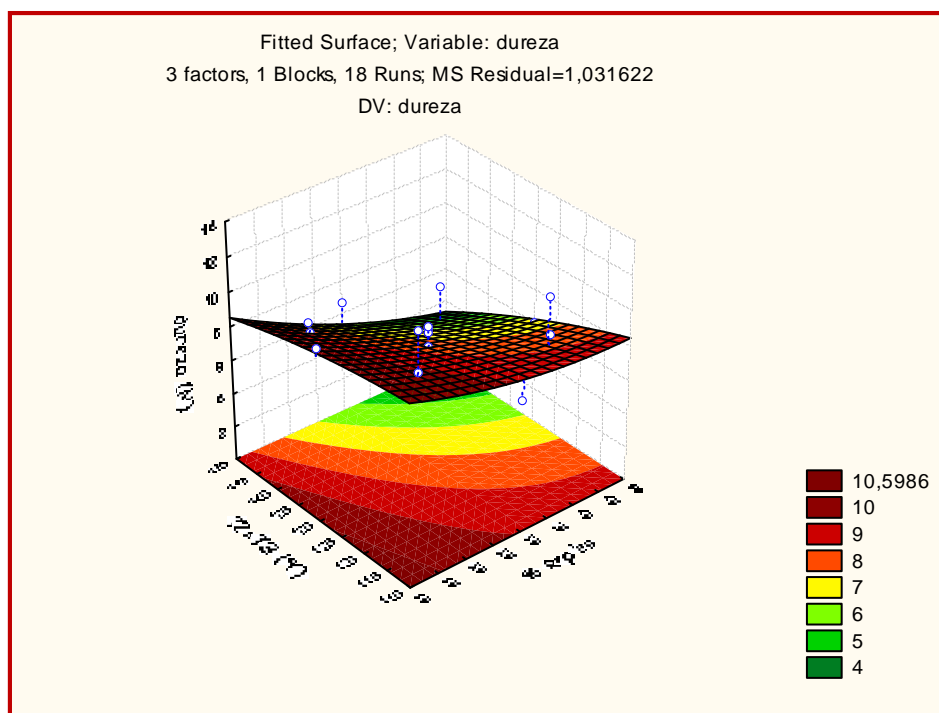


Figura 10 – Superfície de resposta para a textura dos extrudidos.

#### 4.6. Textura dos extrudidos após imersão em leite

O consumo de cereais de pequeno-almoço ou produtos sucedâneos, raramente é efectuado no produto seco, sendo a forma mais habitual de consumo adicionados em leite. Assim, torna-se relevante o estudo das alterações da textura das amostras quando sujeitas à imersão neste produto.

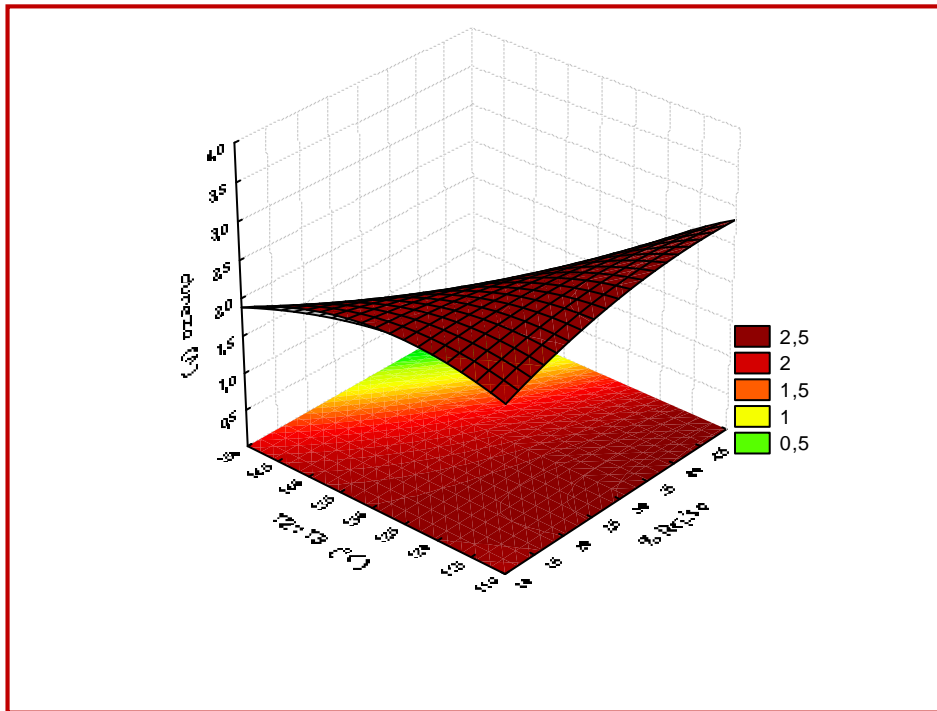
##### ➤ Após 1 minuto

Os valores de dureza das diferentes amostras após imersão em leite durante 1 minuto foram ajustados pelo modelo. Pela análise da superfície de resposta (figura 11) verificou-se que a temperatura e a composição da mistura apresentavam efeito significativo na dureza dos extrudidos,  $p = 0,002$ ,  $p = 0,042$  respectivamente. As misturas com baixas concentrações de repiso e elevadas concentrações de farinha de castanha quando processadas a baixas temperaturas, foram aquelas que apresentaram uma menor descida do valor inicial de dureza (dureza máxima = 2,5N); à medida que as temperaturas de processamento e a concentração de repiso de tomate aumentavam, a dureza sofria uma maior quebra, ou seja, a força necessária para quebrar os extrudidos foi mais baixa (dureza mínima = 0,5N). Assim, os produtos com menos repiso de tomate e que foram submetidos a temperaturas mais baixas no processamento de extrusão, apresentaram durezas mais elevadas, ao fim de um minuto imersos em leite.

$$\text{Textura (1min)} = -14,809 + 0,271[R] - 0,0005[R]^2 + 0,253T - 0,0009T^2 - 0,002[R]T - 0,00004*149,412[R] - 0,00002*149,412T + 0,138$$

(Eq. 6)

$$R^2 = 0,83558; R^2 \text{ ajust.} = 0,62418$$



**Figura 11** – Superfície de resposta para a textura dos extrudidos ao fim de 1 minuto no leite.

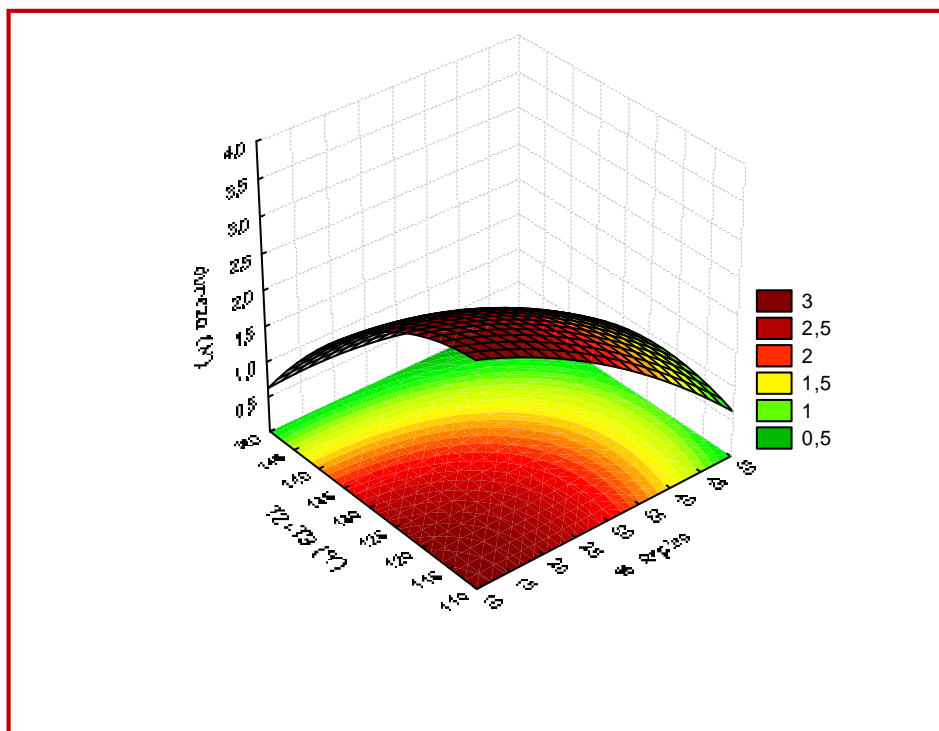
➤ Após 3 minutos

Ao fim de três minutos em leite, verificou-se que continuavam a ser os mesmos factores a influenciar as variações de dureza – composição da mistura  $p = 0,012$ ; temperatura de extrusão  $p = 0,011$ . Assim, foi possível observar (figura 12), que a baixas temperaturas de extrusão e misturas com baixas concentrações de repiso de tomate e elevadas concentrações de farinha de castanha apresentavam uma força de quebra maior, isto é, os extrudidos eram mais duros (cerca de 3N – dureza máxima). À medida que a temperatura e a concentração de repiso de tomate aumentavam, os produtos apresentavam uma força menor (dureza mínima = 0,5N).

$$\text{Textura (3min)} = -14,474 - 0,0705[R] - 0,0007[R]^2 + 0,264T - 0,001T^2 + 0,001[R]T - 0,0004 \cdot 149,412[R] + 0,0002 \cdot 149,412T + 2,577$$

(Eq. 7)

$$R^2 = 0,81887; R^2 \text{ ajust.} = 0,586$$



**Figura 12** – Superfície de resposta para a textura dos extrudidos ao fim de 3 minutos no leite.

➤ Após 5 minutos

Os valores de dureza dos extrudidos após imersão em leite durante 5 minutos, não foram ajustados pelo modelo.

Relacionando a dureza dos extrudidos com a microestrutura, foi possível verificar que os produtos com uma estrutura interna mais contínua, ou seja, as amostras com maior concentração de farinha de castanha, foram as que apresentaram maior dureza, mesmo ao fim de 3 minutos no leite. Em contrapartida verificou-se que as amostras com maior teor de fibra, apresentaram uma estrutura interna pouco coesa e bastante irregular, levando a uma menor dureza dos produtos.

Uma estrutura interna menos porosa dificulta a entrada de leite no seu interior, permitindo assim manter, por mais tempo, a sua textura inicial.

Pela análise dos resultados é ainda possível concluir que a imersão das amostras, independentemente da sua composição e parâmetros de processamento, conduziu, logo de início, a quebras acentuadas da dureza do produto, relativamente à do produto seco. No entanto, serão necessários estudos sensoriais de apoio ao desenvolvimento do produto pois, parece-nos ser possível que a dureza observada nos produtos secos



seja demasiado elevada logo, a sua redução pode não ser negativa em todos os casos.

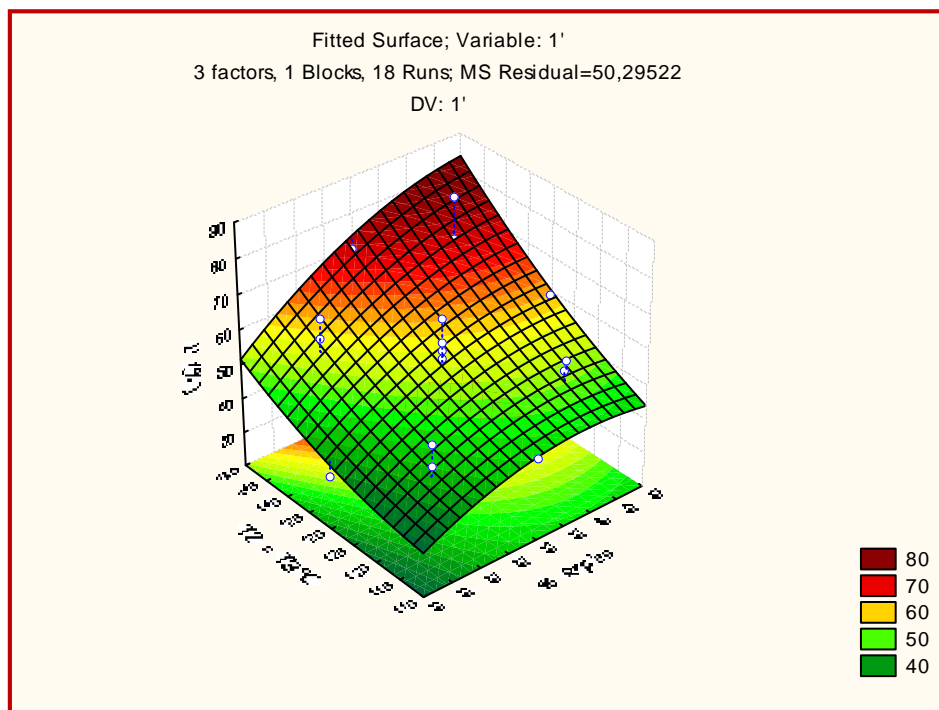
#### 4.7. Capacidade de hidratação dos extrudidos

##### ➤ Após 1 minuto

Os valores da capacidade de hidratação após 1 minuto, para as diferentes amostras, foram ajustados pelo modelo. A superfície de resposta (figura 13) mostra que a capacidade de absorção dos produtos imersos em leite foi bastante influenciada pela composição da amostra ( $p = 0,009$ ) e pela temperatura de processamento ( $p = 0,002$ ). Assim, para misturas com baixas concentrações de repiso de tomate e a temperaturas baixas de processamento, as amostras absorveram menos leite. O contrário também se verificou, ou seja, misturas com grandes concentrações de repiso e com temperaturas mais elevadas no processo, os produtos absorveram mais leite. Tal aconteceu, provavelmente devido à microestrutura, nomeadamente a porosidade que foi observada nos diferentes extrudidos.

$$\begin{aligned} \text{Absorção (1min)} = & 161,206 + 0,0360[R] - 0,015[R]^2 - 1,864T + 0,008T^2 + 0,013[R]T - 0,002*148,889x \\ & - 0,0001*148,889T - 34,964 \end{aligned} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$R^2 = 0,81595; R^2 \text{ ajust.} = 0,60889$$



**Figura 13** – Superfície de resposta para a capacidade de hidratação dos extrudidos ao fim de 1 minuto no leite.

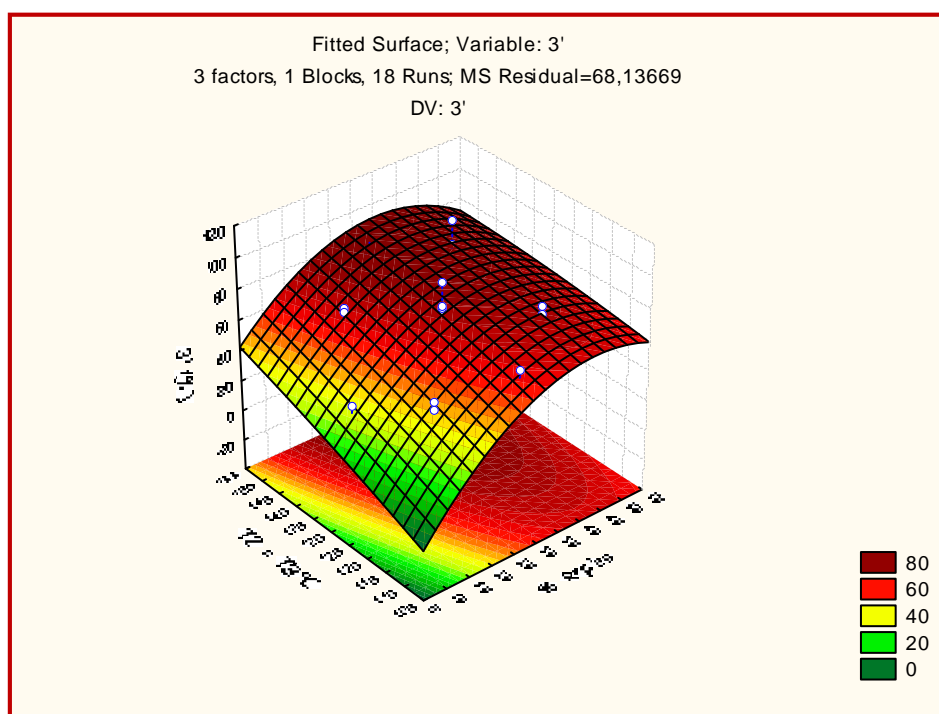
➤ Após 3 minutos

Ao fim de três minutos no leite, verificou-se que a capacidade de hidratação foi afectada pela composição da mistura, quer na forma linear ( $p = 0,013$ ), quer na forma quadrática ( $p = 0,010$ ), e a temperatura de processamento na forma linear. Pela análise da figura 14, verificou-se que continuavam a ser os extrudidos com baixas concentrações de repiso e com temperaturas baixas de processamento a absorverem menos leite.

$$\text{Absorção (3min)} = -161,280 + 6,153[R] - 0,051[R]^2 + 1,841T - 0,003T^2 - 0,014[R]T - 0,002 \cdot 148,889[R] + 0,0004 \cdot 148,889T - 30,716$$

(Eq. 9)

$$R^2 = 0,86116; R^2 \text{ ajust.} = 0,70497$$



**Figura 14** – Superfície de resposta para a capacidade de absorção dos extrudidos ao fim de 3 minutos no leite.

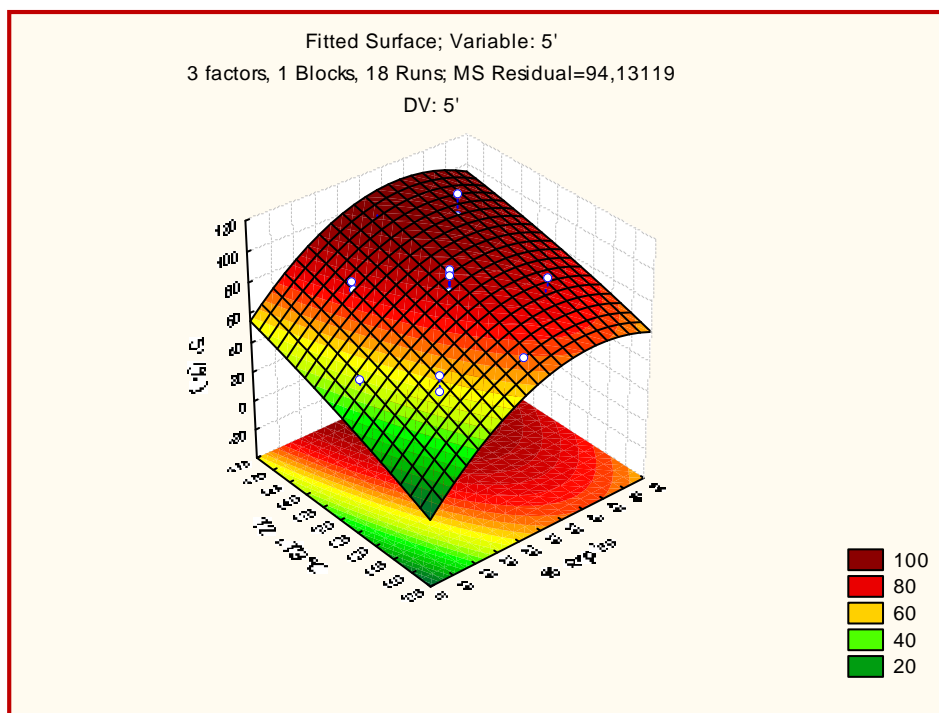
➤ Após 5 minutos

Pela análise superfície de resposta (figura 15), verificou-se que esta superfície foi muito semelhante à superfície anterior – composição da amostra na forma linear  $p = 0,038$ ; forma quadrática  $p = 0,005$  - o que significa que ao fim de cinco minutos no leite, os extrudidos não absorveram muito mais leite. Os poros, existentes na estrutura molecular das misturas, conseguiram absorver a maioria do leite nos primeiros três minutos.

$$\text{Absorção (5min)} = -111,476 + 5,032[R] - 0,047[R]^2 + 1,538T - 0,005T^2 - 0,006[R]T - 0,003 \cdot 148,889[R] + 0,004 \cdot 148,889T - 83,490$$

(Eq. 10)

$$R^2 = 0,84091; R^2 \text{ ajust.} = 0,66194$$



**Figura 15** – Superfície de resposta para a capacidade de absorção dos extrudidos ao fim de 5 minutos no leite.

#### 4.8. Espessura dos extrudidos

Apesar do modelo não ajustar aos resultados experimentais, pela análise dos valores obtidos para cada uma das amostras (quadro 18), foi possível verificar que o extrudido que mais expandiu foi o que continha na sua composição maior concentração de farinha e consequentemente de amido, ao contrário de uma das misturas com maior concentração de repiso de tomate, que apresentou menor espessura. No entanto esta expansão não conduziu à formação de uma estrutura porosa.

Verifica-se assim que as amostras com elevadas concentrações de amido expandiram mais que as amostras com elevados teores de fibra, apesar da estrutura obtida ser aparentemente mais compacta.

**Quadro 18** – Espessura média, em mm, para todos os pontos da matriz factorial.

| <b>Composição da amostra<br/>(%de repiso)</b> | <b>T2 = T3 (°C)</b> | <b>V.P. (r.p.m)</b> | <b>Espessura média<br/>(mm)</b> |
|---|---------------------|---------------------|---------------------------------|
| 18  | 118                 | 116                 | 0,92                            |
| 18  | 118                 | 204                 | 1,03                            |
| 18  | 142                 | 116                 | 1,02                            |
| 18  | 142                 | 204                 | 0,89                            |
| 42  | 118                 | 116                 | 0,79                            |
| 42  | 118                 | 204                 | 0,78                            |
| 42  | 142                 | 116                 | 0,77                            |
| 42  | 142                 | 204                 | 1,06                            |
| 10  | 130                 | 140                 | 1,27                            |
| 50  | 130                 | 140                 | 1,00                            |
| 30  | 110                 | 140                 | 1,08                            |
| 30  | 150                 | 140                 | 0,97                            |
| 30  | 130                 | 100                 | 0,98                            |
| 30  | 130                 | 180                 | 0,87                            |
| 30  | 130                 | 140                 | 0,95                            |
| 30  | 130                 | 140                 | 0,99                            |
| 30  | 130                 | 140                 | 0,82                            |
| 30  | 130                 | 140                 | 1,33                            |

#### **4.9. Actividade antioxidante**

Através da superfície de resposta (figura 16) foi possível verificar que a actividade antioxidante era afectada pela composição da mistura ( $p = 0,021$ ). Pela figura 16 foi possível observar que temperaturas de processamento e composições de mistura intermédias a actividade antioxidante foi mais elevada. Verificou-se que tanto os extrudidos com baixas concentrações de repiso de tomate, como os com elevadas concentrações de farinha de castanha, apresentaram uma actividade antioxidante mais reduzida. A redução da actividade antioxidante, com o acréscimo da concentração de repiso de tomate para níveis superiores a 45, não seria espectável. A explicação para esta redução poderá estar relacionada com uma redução da concentração de amido na mistura. Possivelmente a matriz de amido estará a servir de

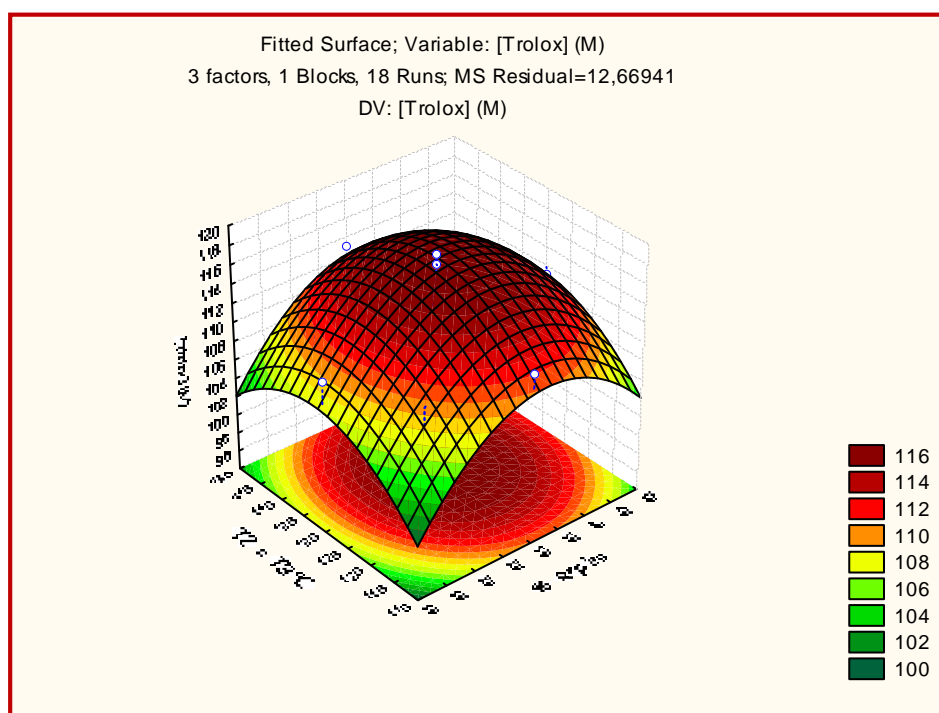
material protector, isto é, encapsulante e, consequentemente a permitir a degradação do composto bioactivo.

Por outro lado, a temperatura de processamento parece ter um efeito, ainda que marginal, na actividade antioxidante das diferentes formulações, tendo sido observados valores de actividade antioxidante mais elevados para temperaturas intermédias. Possivelmente, as baixas temperaturas de processamento podem não permitir a isomerização das moléculas de licopeno presente no repiso de tomate, ou seja, as baixas temperaturas que foram utilizadas no processo podem não ter permitido a conversão da forma *trans* para um isómero mais bio disponível - *cis*. Em contrapartida, as elevadas temperaturas de processamento podem ter provocado uma destruição dos isómeros *cis*.

$$\text{Act. Antioxidante} = -221,653 + 1,215[R] - 0,0198[R]^2 + 3,883T - 0,0148T^2 - 0,000000000000001[R]T + 0,0005*148,889[R] + 0,0002*148,889T + 58,627$$

(Eq. 12)

$$R^2 = 0,75665; R^2 \text{ ajust.} = 0,48288$$



**Figura 16** – Superfície de resposta para a actividade antioxidante dos extrudidos.

## 5. CONCLUSÕES

A primeira conclusão a retirar do presente estudo é de que é possível produzir sucedâneos de cereais de pequeno-almoço a partir de um subproduto da indústria agro-alimentar e um produto subvalorizado – repiso de tomate e castanha, através do processo de extrusão-cozedura.

As características gerais dos produtos obtidos, para além de serem dependentes da composição da amostra, são influenciadas pelas condições de processamento, nomeadamente da temperatura de processamento.

Os produtos com elevadas concentrações de amido, e que no processo de extrusão-cozedura foram submetidos a baixas temperaturas apresentaram uma cor menos escura. Do mesmo modo, os produtos com maior quantidade de repiso de tomate, apresentaram-se mais escuros.

A temperatura de processamento e a composição da mistura foram as variáveis que mais influenciaram a textura dos extrudidos produzidos. Os extrudidos com elevadas concentrações de farinha de castanha associados a baixas temperaturas de processamento foram os que apresentara, valores de dureza superiores, mesmo após a imersão em leite.

Nos extrudidos mais porosos, a absorção de leite é mais rápida; ao contrário dos produtos menos porosos onde esta tomada é gradual.

Ao nível da microestrutura, verificou-se que os extrudidos com elevadas concentrações de farinha de castanha apresentaram uma estrutura interna mais contínuos, ao contrário dos produtos com maior teor repiso de tomate, e consequentemente maior teor de fibra, que apresentaram uma estrutura interna pouco coesa.

A composição da mistura para extrusão condiciona a actividade antioxidante do produto final, no entanto o mecanismo envolvido na manutenção desta propriedade necessita ainda de ser compreendido.

Da apreciação global dos resultados podemos concluir que tanto o repiso de tomate com a farinha de castanha têm boas potencialidades para uma utilização como ingredientes na formulação de produtos obtidos por extrusão-cozedura, sendo, desta forma, um óptimo aproveitamento de subprodutos das indústrias agro-alimentares, atingindo desta forma o objectivo inicialmente proposto para o presente trabalho.

No entanto, este trabalho poderá ser útil na condução de novos planos de trabalho, com o fim de melhorar o produto tanto ao nível de características físicas, químicas como ao nível sensorial. A análise sensorial teria sido uma peça fundamental neste estudo, não só para compreender o consumidor como para melhoramento do produto, contudo não foi possível a realização desta análise por limitações de tempo. Seria também interessante avaliar o processo de digestão destes produtos no organismo humano, de forma a verificar as propriedades antioxidantes celulares dos extrudidos desenvolvidos.



## 6. BIBLIOGRAFIA

**Augusti, P.,** (2007). *Efeito dos Carotenóides Licopeno e Astaxantina Sobre Danos Reais Induzidos Por Cloreto de Mercúrio*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Bioquímica Toxicológica, área de Concentração em bioquímica toxicológica. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Naturais e exatas. Brasil.

**Brito, I., Campos, J., Sousa, T., Wakiyama, C., Azeredo, G.,** (2004). *Elaboração e avaliação global de barra de cereais caseira*. Universidade de Pernambuco. Departamento de Nutrição. Brasil.

**Chaunier, L., Valle, G., Lourdin, D.,** (2006). Relationships between texture, mechanical properties and structure of cornflakes. *Food Research International*, v. 40, p. 493-503, Abril/Junho. França.

**Choksi, P., Joshi, V.,** (2007). A Review on Lycopene – Extraction, Purification, Stability and Applications. *International Journal of Food Properties*. 10:2, 289-298.

**Choupina, A.,** (1993). *Possibilidades de utilização de farinha de castanha na produção de extrudidos – Avaliação de modificações Físico-químicas*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

**Conselho Europeu de Informação Alimentar, (2002).** *Novas tecnologias alimentares – processamento de alimentos por motivos de segurança, conveniência e sabor*. (disponível em <http://www.eufic.org/article/pt/artid/novas-tecnologias-alimentares-processamento/> - consultado a 7 de Junho 2011).

**Correia. P., Leitão A e Beirão da Costa ML (2009).** *The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnuts flours*. J. of food Engineering, 90:325-332.

**Costa, F.,** (2009). *Avaliação da composição em micronutrientes do tomate consoante a variedade e modo de colheita*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do

grau de Mestrado em Nutrição Clínica. Universidade de Coimbra. Faculdade de Medicina. Coimbra.

**Cruz, A., Cadena, R., Walter, E., Mortazavian, A., Granato, D., Faria, J., (2010).** Sensory Analysis: Relevance for Prebiotic, Probiotic and Synbiotic Product Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 9, p. 358-373. Institute of Food Technologists.

**Domingos, S., (2009).** *Valorização do Tomate - Extração supercrítica de compostos bioactivos a partir de repiso de tomate*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

**Ferraz, E., Pizzinatto, N., (2006).** Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos: Um Estudo de caso no Indústria Moveleira. *Revista da Administração da UNIMEP*, v.4, nº1, p. 41, Janeiro/Abril. Brasil.

**Freitas, D., Moretti, R., (2006).** Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor proteico e vitamínico. *Ciências da. Tecnologia. Alimentar.*, v. 26(2), p. 318-324, Abril/Junho. Brasil.

**Gabinete de Planeamento e Políticas (2007).** *Castanha*. Ministério da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pescas.

**Gabinete de Planeamento e Políticas (2007).** *Horticultura*. Ministério da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pescas.

**Gabinete de Planeamento e Políticas (2008).** *Estratégia Nacional – Programas operacionais, Organizações de produtores de frutas e produtos hortícolas*. Ministério da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pescas.

**Gonçalves, B., Borges, O., Costa, H., Bennett, R., Santos, M., (2010).** Metabolite composition of chestnut (*Castanea Sativa* Mill.) upon cooking: Proximate analysis, fibre, organic acids and phenolics. *Food Chemistry*, v. 122, p. 154-160. Portugal.

**Holguín-Acuña, A., Carvajal-Millán, E., Santana-Rodríguez, V., Rascón-Chu, A., Márquez-Escalante, J., León-Renova, N., Gastelum-Franco, G., (2008).** Maize

brain/oat flour extruded breakfast cereal: A novel source of complex polysaccharides and an antioxidant. *Food Chemistry*, v. 111, p. 654-657. México.

**Juliano, O.**, (1971). Functional & Biochemical Properties of Wheat-flour components. *Cereal Science Today*. American Association of Cereal Chemists, v. 16, nº 10, p. 333-360.

**Lustosa, B., Leonel, M., Mischon, M.**, (2009). Influência de Parâmetros de Extrusão na Absorção e Solubilidade em água de Farinhas Pré-cozidas de Mandioca e Caseína. *Alimentação Nutricional de Araraquara*, v.20, nº2, p.223-229, Abril/Junho. Brasil (disponível em <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1051/802> - consultado a 3 de Julho 2011).

**Neri, L., Dimitri, G., Sacchetti, G.**, (2010). Chemical composition and antioxidante activity of cured chestnuts from three sweet chestnut (*Castanea Sativa* Mill.) ecotypes from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 23, p. 23-29. Itália.

**Naviglio, D., Pizzolongo, F., Ferrara, L., Aragòn, A., Santini, A.**, (2008). Extraction of pure Lycopene from industrial tomato by-products in water using a new high-pressure process. *Journal of Science of Food and Agriculture*, v. 88, p. 2414-2420. Argentina.

**Oliveira, H.**, (2008). *O consumo de alimentos funcionais – atitudes e comportamentos*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Ciências da Comunicação, especialização em Marketing e Comunicação Estratégica. Universidade Fernando Pessoa. Porto.

**Pereira, M.**, (2010). *Estudo comparativo de métodos de avaliação da capacidade antioxidante de compostos bioactivos*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

**Roca, M.**, (2009). *Valorização do Tomate Nacional – Extracção de Licopeno por CO<sub>2</sub> supercrítico* a partir de repiso de tomate. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

**Rodgers, S.**, (2004). Value adding with functional meals. *Food Service Technology*. nº 4, p. 149-158.

**Sham, N., Moreira, E.,** (2004). Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, v. 17(2), p. 227-236, Abril/Junho. Brasil.

**Silva, L.,** (s.d.). *Caracterização dos Subprodutos da Vinificação*. Departamento das Indústrias Agro-alimentares, p. 123-133. (disponível em <http://www.ipv.pt/millennium/millennium28/10.pdf> - consultado a 17 de Fevereiro 2011

**Souza, M., Menezes, H.,** (2006). Avaliação Sensorial de cereais matinais de Castanha-do-Brasil com Mandioca Extrusados. *Ciências da Tecnologia Alimentar*, v. 24(4), p. 950-955, Outubro/Dezembro. Brasil.

**Tyssandier, V., Feillet-Coudry, C., Caris-Veyrat, C., Guillard, J-C., Coudry, C., Bureau, S., Reich, M., Amiot-Carlin, M-J., Bouteloup-Demange, C., Boirie, Y., Borel, P., (2004).** *Effect of Tomato Product Consumption on the Plasma Status of Antioxidant Microconstituents and on the Plasma Total Antioxidant Capacity in Healthy Subjects.* Journal of the American College of Nutrition, 23, 148-156.

## Cibergrafia

- <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (consultado a 24 de Fevereiro 2011).
- <http://www.nutricaoemfoco.com/2008/10/09/tomate/> (consultado a 23 de Março 2011).
- <http://www.dicasdenutricao.com/2010/10/adicione-fibras-no-cardapio.html> (consultado a 29 de Abril 2011).
- [http://www.google.pt/imgres?imgurl=http://reocities.com/CapeCanaveral/launchpad/9071/amido.gif&imgrefurl=http://reocities.com/CapeCanaveral/launchpad/9071/Polissac.html&usg=\\_\\_CLdHftC9dFHG8rdWdloly7tljm0=&h=220&w=450&siz=5&hl=ptpt&start=0&zoom=1&tbnid=mnNSPWYmoY4vM:&tbnh=82&tbnw=167&ei=B2SQTejwCZKBswaGx dmGCg&prev=/images%3Fq%3Destrutura%2Bdo%2Bamido:amilose%2B%252B%2Bamilopectina%26um%3D1%26hl%3Dptpt%](http://www.google.pt/imgres?imgurl=http://reocities.com/CapeCanaveral/launchpad/9071/amido.gif&imgrefurl=http://reocities.com/CapeCanaveral/launchpad/9071/Polissac.html&usg=__CLdHftC9dFHG8rdWdloly7tljm0=&h=220&w=450&siz=5&hl=ptpt&start=0&zoom=1&tbnid=mnNSPWYmoY4vM:&tbnh=82&tbnw=167&ei=B2SQTejwCZKBswaGx dmGCg&prev=/images%3Fq%3Destrutura%2Bdo%2Bamido:amilose%2B%252B%2Bamilopectina%26um%3D1%26hl%3Dptpt%)

26biw%3D1259%26bih%3D868%26tbm%3Disch0%2C391&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=258&vpy=307&dur=1030&hovh=157&hovw=321&tx=167&ty=78&oei=B2SQTejwCZKBswaGxdmGCg&page=1&ndsp=30&ved=1t:429,r:25,s:0&biw=1259&bih=868 (consultado a 23 de Março 2011).

- <http://www.fotosantesedepois.com/2010/06/03/castanha/> (consultado a 14 e Março 2011).
- <http://sellerink.com.br/blog/tag/espaco-da-cor/> (consultado a 1 de Junho 2011).
- <http://www.nestle.pt/CmsPage.aspx?Pageindex=203> (consultado a 13 de Julho 2011).
- <http://www.sisab.org/content/1/382/agroalimentar> (consultado a 3 de Julho 2011).
- [http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id\\_item=116](http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=116) (consultado a 17 de Fevereiro 2011).
- [http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id\\_item=141](http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=141) (consultado a 17 de Fevereiro 2011).
- [http://www.melhordanet.com/webmaster/alimentos\\_funcionais.htm](http://www.melhordanet.com/webmaster/alimentos_funcionais.htm) (consultado a 15 de Julho 2011).
- [http://vidalight.prodesp.sp.gov.br/alimentos\\_funcionais.html](http://vidalight.prodesp.sp.gov.br/alimentos_funcionais.html) (consultado a 15 de Julho 2011).
- Estudo do Consumidor da Marktest (2006) disponível em - [http://www.distribuicao hoje.com/ResourcesUser/ICM\\_IFEDISTRIBUICAOHOJE\\_STG/Imagens/Mercados/Dossiers/DH\\_383\\_Abr10\\_Dossier.pdf](http://www.distribuicao hoje.com/ResourcesUser/ICM_IFEDISTRIBUICAOHOJE_STG/Imagens/Mercados/Dossiers/DH_383_Abr10_Dossier.pdf) (consultado a 23 de Março 2011).
- [http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/analise\\_matbiologico.pdf](http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/analise_matbiologico.pdf) (consultado a 3 de Julho 2011).
- <http://www.biotecmar.eu/spip.php?article74&lang=pt> (consultado a 17 de Fevereiro 2011).

## ANEXOS

## **ANEXO I - Questionário para selecção de provadores de cereais de pequeno-almoço**

## Questionário para selecção de provadores de cereais de pequeno-almoço

### Caracterização do provador

1. Sexo: M ☐ F ☐
2. Idade \_\_\_\_\_
3. Habilitações Literárias:
- |              |                          |
|--------------|--------------------------|
| 9º ano       | <input type="checkbox"/> |
| Secundário   | <input type="checkbox"/> |
| Licenciatura | <input type="checkbox"/> |
| Mestrado     | <input type="checkbox"/> |
| Doutoramento | <input type="checkbox"/> |
4. Localidade de residência
- \_\_\_\_\_
5. Alguma vez fez provas sensoriais? Sim ☐ Não ☐
6. Qual o seu interesse em produtos com benefícios para a saúde?
- |               |                          |
|---------------|--------------------------|
| Nenhum        | <input type="checkbox"/> |
| Moderado      | <input type="checkbox"/> |
| Elevado       | <input type="checkbox"/> |
| Muito elevado | <input type="checkbox"/> |
7. Costuma tomar o pequeno-almoço em casa? Sim ☐ Não ☐
- 7.1. Se respondeu sim na pergunta anterior, diga onde consome:
- |                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| Casa              | <input type="checkbox"/> |
| Trabalho          | <input type="checkbox"/> |
| Café / Pastelaria | <input type="checkbox"/> |
| Outro _____       |                          |
8. Consome cereais de pequeno-almoço? Sim ☐ Não ☐
- 8.1. Se respondeu sim, com que regularidade consome?
- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Uma vez por semana            | <input type="checkbox"/> |
| Duas ou mais vezes por semana | <input type="checkbox"/> |
| Uma vez por mês               | <input type="checkbox"/> |
| Ocasionalmente                | <input type="checkbox"/> |



8.2. Como gosta de consumir os cereais?

- Leite quente ☐
- Leite frio ☐
- Iogurte líquido ☐
- Sumo ☐
- Outra forma \_\_\_\_\_

8.2.2. Se consome com leite, diga qual o tipo:

- Leite magro ☐
- Leite meio gordo ☐
- Leite gordo ☐

9. Que tipo(s) de cereais consome com maior frequência?

- Cereais ricos em fibra (tipo All Brain) ☐
- Milho (tipo Corn Flakes) ☐
- Achocolatados ☐
- Muesli ☐
- Flocos (papas ou flocos) ☐
- Outros \_\_\_\_\_

10. Qual(ais) a(s) característica(s) que costuma ter em conta na hora de comprar cereais?

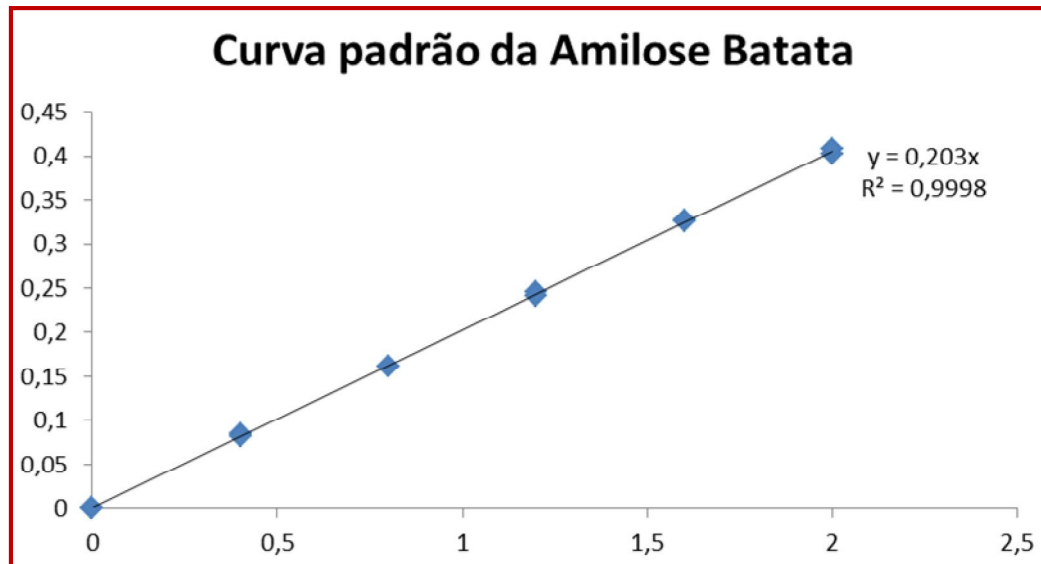
- Embalagem ☐
- Preço ☐
- Informação da embalagem ☐
- Potenciais benefícios para a saúde ☐
- Outro \_\_\_\_\_

11. Classifique, numa escala de 1 a 5, onde 1 – sem importância e 5 – muito importante, cada um dos seguintes atributos:

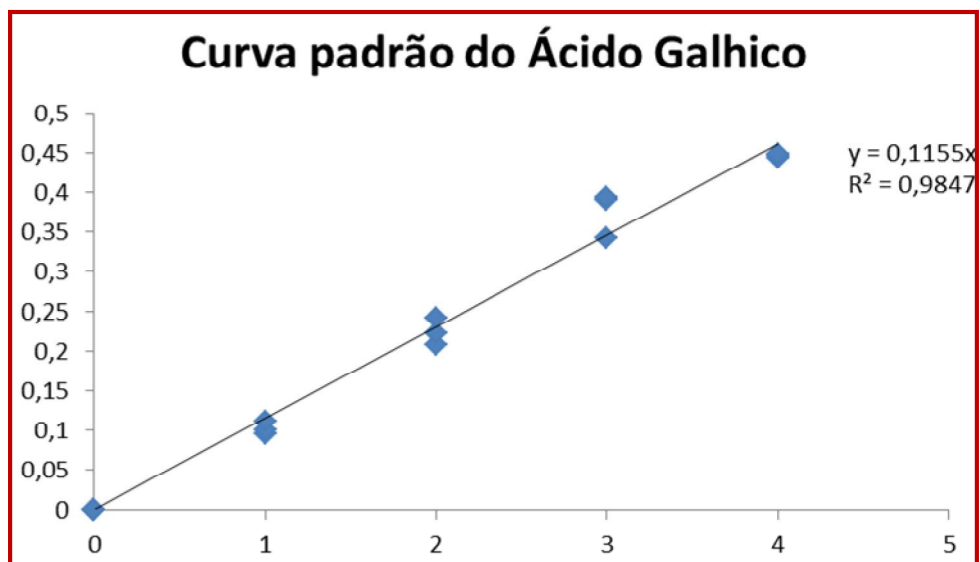
|                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|---|---|---|---|---|
| Textura           |   |   |   |   |   |
| Sabor             |   |   |   |   |   |
| Cor               |   |   |   |   |   |
| Forma do cereal   |   |   |   |   |   |
| Aspecto/aparência |   |   |   |   |   |
| Tamanho           |   |   |   |   |   |

Obrigada pela sua colaboração!

## **Anexo II - Curva padrão da Amilose Batata.**



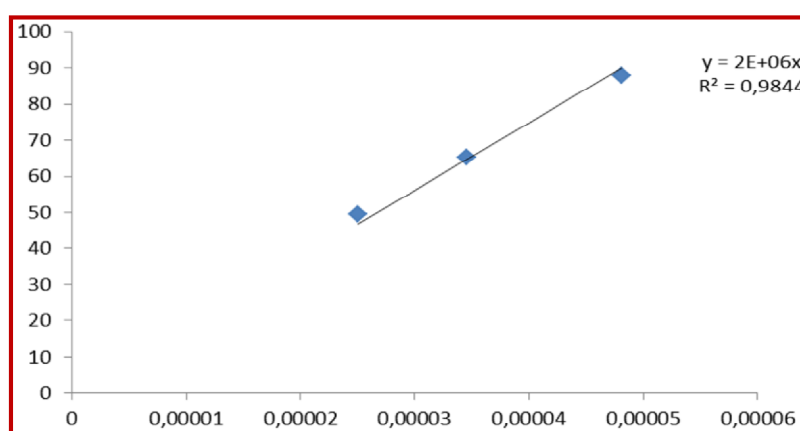
### **Anexo III - Curva de calibração do Ácido Galhico.**



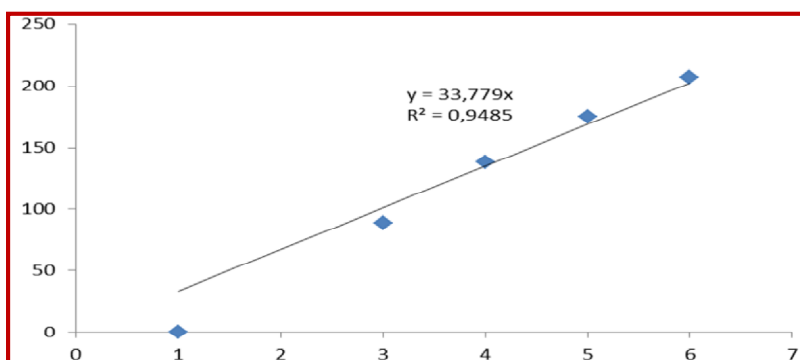
## **Anexo IV** - Dados relativos à actividade antioxidante para as matérias-primas e respectiva curva de calibração.

Dados relativos à actividade antioxidante expressos em [trolox] (M) para as matérias-primas e respectiva curva de calibração.

| Peso de repiso de tomate (mg) | Média das absorvâncias | RSA(%) | [Trolox]  |
|-------------------------------|------------------------|--------|-----------|
| 10                            | 0,689                  | 49,49  | 2,506E-05 |
| 20                            | 0,623                  | 65,33  | 3,456E-05 |
| 30                            | 0,548                  | 87,96  | 4,814E-05 |



| Peso de farinha de castanha (mg) | Média das absorvâncias | RSA(%) | [Trolox]  |
|----------------------------------|------------------------|--------|-----------|
| 30                               | 0,568                  | 89,26  | 4,892E-05 |
| 40                               | 0,451                  | 138,36 | 7,838E-05 |
| 50                               | 0,391                  | 174,94 | 1,00E-04  |
| 60                               | 0,350                  | 207,14 | 1,196E-04 |

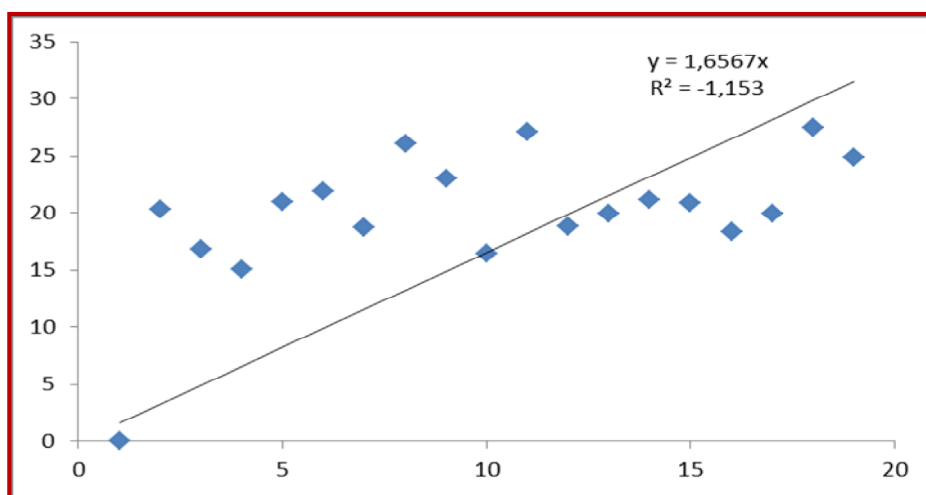




**Anexo V** - Dados relativos à actividade antioxidante para todos os pontos da matriz experimental e respectiva curva de calibração.

Dados relativos à actividade antioxidante expressos em [trolox] (M) para todos os pontos da matriz experimental e respectiva curva de calibração.

|    | [Repiso] (por 100g) | T2=T3 (°C) | Vel. Parafuso (rpm) | Média Absorvância | RSA (%) | [Trolox] M |
|----|---------------------|------------|---------------------|-------------------|---------|------------|
| 1  | 18                  | 118        | 116                 | 0,903             | 20,26   | 7,52E-6    |
| 2  | 18                  | 118        | 204                 | 0,931             | 16,8    | 5,44E-6    |
| 3  | 18                  | 142        | 116                 | 0,944             | 15,04   | 4,38E-6    |
| 4  | 18                  | 142        | 204                 | 0,898             | 20,93   | 7,92E-6    |
| 5  | 42                  | 118        | 116                 | 0,891             | 21,88   | 8,49E-6    |
| 6  | 42                  | 118        | 204                 | 0,916             | 18,7    | 6,58E-6    |
| 7  | 42                  | 142        | 116                 | 0,861             | 26,13   | 1,1E-5     |
| 8  | 42                  | 142        | 204                 | 0,883             | 22,99   | 9,16E-6    |
| 9  | 10                  | 130        | 140                 | 0,933             | 16,5    | 5,26E-6    |
| 10 | 50                  | 130        | 140                 | 0,855             | 27,1    | 1,16E-5    |
| 11 | 30                  | 110        | 140                 | 0,901             | 18,76   | 6,61E-6    |
| 12 | 30                  | 150        | 140                 | 0,892             | 19,96   | 7,34E-6    |
| 13 | 30                  | 130        | 100                 | 0,883             | 21,18   | 8,07E-6    |
| 14 | 30                  | 130        | 180                 | 0,885             | 20,9    | 7,9E-6     |
| 15 | 30                  | 130        | 140                 | 0,904             | 18,36   | 6,38E-6    |
| 16 | 30                  | 130        | 140                 | 0,892             | 19,96   | 7,34E-6    |
| 17 | 30                  | 130        | 140                 | 0,852             | 27,46   | 1,18E-5    |
| 18 | 30                  | 130        | 140                 | 0,87              | 24,9    | 1,03E-5    |



**Anexo VI - Percentagem de peso obtido em cada uma das amostras nos diferentes tempos e respectivo gráfico de barras.**

**Percentagem de peso obtido em cada uma das amostras nos diferentes tempos  
e respectivo gráfico de barras.**

|    | [Repiso] (por 100g) | T2=T3 (°C) | Vel. Parafuso (rpm) | Absorção 1min (g) | % 1min | Absorção 3 min (g) | % 3min | Absorção min (g) | % 5min |
|----|---------------------|------------|---------------------|-------------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|
| 1  | 18                  | 118        | 116                 | 2,56              | 42,64  | 3,37               | 64,58  | 3,89             | 70,55  |
| 2  | 18                  | 118        | 204                 | 2,80              | 47,57  | 4,16               | 66,68  | 3,78             | 70,05  |
| 3  | 18                  | 142        | 116                 | 1,92              | 54,83  | 2,44               | 76,05  | 2,59             | 81,83  |
| 4  | 18                  | 142        | 204                 | 2,13              | 45,12  | 3,07               | 65,78  | 3,41             | 74,96  |
| 5  | 42                  | 118        | 116                 | 2,68              | 62,97  | 3,59               | 85,51  | 3,38             | 80,57  |
| 6  | 42                  | 118        | 204                 | 2,58              | 54,77  | 2,87               | 67,48  | 3,85             | 84,27  |
| 7  | 42                  | 142        | 116                 | 2,07              | 75,36  | 2,56               | 95,76  | 2,92             | 116,42 |
| 8  | 42                  | 142        | 204                 | 2,39              | 77,30  | 2,63               | 87,87  | 3,25             | 109,04 |
| 9  | 10                  | 130        | 140                 | 2,65              | 42,34  | 2,61               | 45,61  | 4,06             | 70,52  |
| 10 | 50                  | 130        | 140                 | 1,92              | 54,21  | 3,21               | 68,35  | 3,92             | 80,30  |
| 11 | 30                  | 110        | 140                 | 2,51              | 58,30  | 2,81               | 66,40  | 3,47             | 81,96  |
| 12 | 30                  | 150        | 140                 | 2,56              | 63,26  | 2,94               | 79,35  | 3,60             | 95,11  |
| 13 | 30                  | 130        | 100                 | 2,63              | 61,97  | 2,99               | 75,92  | 3,28             | 83,40  |
| 14 | 30                  | 130        | 180                 | 2,99              | 59,38  | 3,52               | 70,43  | 3,79             | 72,76  |
| 15 | 30                  | 130        | 140                 | 1,90              | 49,56  | 2,58               | 68,62  | 3,44             | 83,21  |
| 16 | 30                  | 130        | 140                 | 2,85              | 61,04  | 3,60               | 82,21  | 3,93             | 90,80  |
| 17 | 30                  | 130        | 140                 | 3,22              | 74,06  | 3,52               | 73,65  | 3,80             | 78,66  |
| 18 | 30                  | 130        | 140                 | 2,47              | 53,62  | 3,40               | 72,50  | 3,83             | 86,73  |

